

Guía de Propagación de especies en categoría de amenaza del matorral costero: lúcumo chileno *Pouteria splendens* y cactus chileno *Eriosyce chilensis*



Esta guía fue elaborada para dar cumplimiento a las exigencias del Fondo de Investigación del Bosque Nativo en relación a la ejecución del proyecto FIBN-CONAF 009/2015

“Nucleación de procesos ecológicos y su rol en la recuperación del matorral costero dentro de unidades de conservación genéticamente delimitadas”

Investigador Responsable

Gastón Carvalho Bravo - Instituto de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Co-investigadores principales

Pablo Guerrero Martin - Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción

Cristian Villagra Gil - Instituto de Entomología, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación

Investigadores

Roberto Fernández Soto - Instituto de Entomología, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación

Mercedes Lizama Campos - Instituto de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Julio, 2019
Valparaíso, Chile

Como citar este documento: Carvalho GO, Guerrero PC, Fernández-Soto R, Lizama M, Villagra CA (2019) Guía de Propagación de especies en categoría de amenaza del matorral costero: lúcumo chileno *Pouteria splendens* y cactus chileno *Eriogyne chilensis*. Disponible en <http://www.ecologiavegetal.cl/proyectoconaf>

PREFACIO

La restauración ecológica es el proceso de asistir la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido (Society for Ecological Restoration International, 2004) y se ha erigido como la disciplina que provee de sustento científico a cualquier estrategia de recuperación de los ecosistemas (Van Andel & Aronson, 2006). Uno de los primeros desafíos para establecer una estrategia de restauración ecológica exitosa es conocer el estado previo, prístino o sin perturbación del ecosistema que se pretende recuperar. Esta situación presenta una enorme complejidad teórica y práctica. Por un lado, se debe establecer en términos teóricos el estado "prístino" o "natural" de un ecosistema, determinando cuál es el nivel de perturbación que se debe aceptar para que un ecosistema sea considerado como degradado, dañado o destruido y comenzar así su restauración. Además, se deben determinar los componentes del ecosistema, ya sea bióticos o abióticos, que deben ser evaluados para establecer el nivel de perturbación (Harris & van Diggelen, 2006). En términos prácticos, cuando los investigadores se enfrentan a un ecosistema que evidentemente ha sufrido degradación, daño o destrucción (por ejemplo, después de un incendio forestal) ¿cómo se determinan las características de su estado previo o prístino? Este último es un grave problema en los estudios de restauración ecológica en Chile, dado que el conocimiento de los ecosistemas en estado prístino es prácticamente inexistente porque no han existido estrategias de recopilación de información a largo plazo.

El segundo componente de la restauración ecológica se relaciona con la identificación de los elementos del ecosistema que se deben recuperar y a qué nivel. Por ejemplo, determinar si en un proceso de restauración es suficiente recuperar densidades de especies dominantes o carismáticas, o si es necesario restaurar ensambles completos de especies (ejemplo "los polinizadores", "los herbívoros"). Para otros investigadores, el énfasis está en la recuperación de funciones ecológicas o servicios ecosistémicos que proveen las especies (ejemplo, plantas que son capaces de fijar nitrógeno). En cualquier caso, una vez definido el componente del ecosistema a restaurar se debe establecer el nivel a que deben ser restaurados. Entre los atributos que se debiesen restaurar debido a su importancia en el funcionamiento y valor del ecosistema se encuentran propiedades claves del ensamble de especies como son la riqueza y densidad poblacional, ciclos biogeoquímicos de los nutrientes, interacciones entre especies y características del ambiente físico (ejemplo, calidad de agua, suelo y aire) (Harris & van Diggelen, 2006).

En resumen, cualquier estrategia de restauración ecológica requiere de dos tareas: conocer el estado previo de dicho ecosistema y establecer la calidad/cantidad de componentes ecosistémicos que se deben recuperar. Una vez

que se da respuesta científica a estas interrogantes debemos enfrentarnos a los aspectos logísticos de la restauración tales como la superficie total que será restaurada, disponibilidad de recursos técnicos y monetarios para la restauración, capacidad de sustentar la restauración y eficacia de la restauración.

El presente trabajo es una guía para la propagación de especies del matorral costero que permitirá a las y los lectores contar con información esencial para establecer cualquier estrategia de restauración en esta zona. A pesar de que nuestro estudio no incluyó una reconstrucción histórica de la vegetación de la zona, los afloramientos rocosos que se encuentran en la franja costera entre Pichidangui y Los Molles albergan vegetación más diversa, lo que puede considerarse como un estado prístino del sistema al que debiese tenderse recuperar toda la zona. Sin embargo, dado que este proyecto evaluó el rol de los roqueríos como sitios de protección de especies en el sitio prioritario para la conservación de Pichidangui-Los Molles (Figura 1), desconocemos si los resultados alcanzados pueden extrapolarse a otras zonas del matorral costero. Sin embargo, la información generada puede ser utilizada como base para estrategias de propagación y restauración a lo largo del matorral costero. Finalmente, dado que este estudio estuvo limitado a dos años de trabajo, establecer si la propagación de las plantas estudiadas permitiría restaurar de forma efectiva el matorral costero de Chile central sería una conclusión basada en un nivel de especulación elevado. En este sentido, preferimos destacar el subtítulo de nuestro trabajo "Propagación de especies en categoría de amenaza del matorral costero" y enfocarnos en explicar cómo a partir de frutos y semillas colectadas en terreno es posible obtener plántulas que pueden utilizarse en estrategias de revegetación de zonas perturbadas de la costa de Chile central.

¿POR QUÉ RESTAURAR EL MATORRAL COSTERO DE CHILE CENTRAL?

Gran parte del territorio de nuestro país que abarca desde el Desierto de Atacama a los bosques lluviosos de la zona de Aysén, pasando por la región mediterránea de Chile central, son parte de un área prioritaria para la conservación de la biodiversidad a nivel mundial (Myers et al., 2000). Esto porque la región exhibe un alto nivel de endemismo de sus especies, y a la vez se encuentra altamente degradada por las actividades de origen humano (Myers et al., 2000; Armesto et al., 2010). Además, la zona central de Chile es una de las cinco regiones en el mundo que alberga ecosistemas del tipo mediterráneo: las otras son California, la Región del Cabo en Sudáfrica, el Suroeste de Australia y la cuenca del Mediterráneo desde donde deriva el nombre de este tipo de ecosistemas (Esler et al., 2018). En conjunto, las regiones con ecosistemas mediterráneos en el mundo albergan

alrededor del 20% de todas las plantas vasculares en un área menor al 5% de la superficie terrestre (Cowling et al., 1996).

Las zonas de ecosistema mediterráneo en el mundo son reconocidas por albergar una excepcional diversidad con altísimos grados de endemismo (Esler et al. 2018). Son áreas que además sustentan alta productividad de biomasa terrestre y diversos servicios ecosistémicos (beneficios de los ecosistemas que otorgan a la humanidad). Por estos motivos las zonas de ecosistema mediterráneo en el mundo son utilizadas con fines agrícolas. Además, sus agradables condiciones climáticas las hacen áreas que ha sido escogidas históricamente por la humanidad para establecer asentamientos de alta densidad (Brooks et al., 2006). Por estos motivos las zonas de ecosistema mediterráneo del mundo se encuentren severamente perturbadas en la actualidad (Brooks et al., 2006; Esler et al., 2018). La zona mediterránea de Chile presenta una prolongada historia de alteraciones antrópicas iniciadas por la deforestación para la obtención de combustible durante la Colonia (siglos XVI al XIX), la introducción de ganado (s. XVIII), las plantaciones forestales con especies exóticas (s. XX) y el desarrollo de la agricultura industrial (S. XX) (Echeverría et al., 2006; Armesto et al., 2010). Todas estas perturbaciones más la lenta regeneración que tiene la vegetación en la zona mediterránea de Chile (Armesto et al., 2010) hacen que esta formación vegetal se encuentre severamente amenazada y por consiguiente también sus especies endémicas (CONAMA-PNUD, 2005; Ministerio del Medioambiente, 2014).

La formación vegetal conocida como Matorral Esclerófilo Mediterráneo Costero, una franja de 159 km entre las desembocaduras del río Choapa (Huentelauquen: 31° 36' S) y Aconcagua (Concón: 32° 55' S) (Luebert & Plischoff, 2006), es uno de los principales ecosistemas de Chile mediterráneo. Esta franja está dominada por especies adaptadas a condiciones xéricas entre las que se encuentran árboles y arbustos conspicuos como boldo *Peumus boldus* (Monimiaceae), molle *Schinus molle* (*Schinus molle*) (Anacardiaceae), litre *Lithrea caustica* (Anacardiaceae), peumo *Cryptocarya alba* (Lauraceae) y lilén *Azara celastrina* (Salicaceae). Además, el matorral costero presenta comunidades intrazonales asociadas a roqueríos donde dominan el lúcumo chileno o palo colorado *Pouteria splendens* (Sapotaceae), el chilco chico *Fuchsia lycioides* (Onagraceae) y especies del género *Puya* (Bromeliaceae) (Figura 1). Los afloramientos rocosos de este sistema prestan diversos servicios ecosistémicos que se encuentran en tres de las cuatro categorías de servicios ecosistémicos propuestas por el *Millenium Ecosystem Assessment* (2005): aprovisionamiento (ej. captura de las aguas nieblas), regulación (ej. formación de hojarasca, circulación de nutrientes) y cultural (ej. turismo, contemplación).

Una de sus áreas más importantes corresponde al sitio prioritario de conservación Pichidangui-Los Molles (Figura 1). Esta zona alberga un 57% de endemismo en especies de flora vascular (Lund & Teillier, 2012). Corresponde a la

zona que alberga la población más importante del lúcumo chileno o palo colorado *Pouteria splendens* (Sapotaceae), una especie de origen gondwánico que puede ser considerada un fósil viviente (Carvallo et al., 2019). Además, el área alberga un endemismo estrecho: el cactus chileno *Eriogyne chilensis* (Guerrero et al., 2011a; Antinao et al., 2019). El cactus chileno habita exclusivamente la franja costera entre Pichidangui y Los Molles asociada a roqueríos rocosos prestando un importante servicio como recurso de polinizadores. Además, la franja costera de Pichidangui-Los Molles colinda con el Cerro Santa Inés, sitio que presenta un bosque relictivo de olivillo *Aextoxicon punctatum* (Aextoxicaceae) que para esta zona se considera en la categoría en peligro (EN) (MMNA, 2014). Por este motivo, se ha propuesto que la franja costera de Pichidangui-Los Molles debiese constituir parte de un mega-complejo de conservación junto con el corredor Cerro Santa Inés-Cerro Imán entre los límites de la IV y V regiones (CONAMA-PNUD, 2005).

A pesar de la importancia biológica y cultural del matorral costero de Chile central, este es uno de los ecosistemas más degradados en la actualidad (Alaniz et al., 2016). Específicamente la franja costera entre Pichidangui y Los Molles se encuentra amenazada porque parte de su superficie ha sido desforestada y utilizada como basural clandestino (la zona más septentrional, conocida como Pichidangui Sur), además de existir una creciente presión inmobiliaria (CONAMA-PNUD, 2005). Los incendios forestales en el área son recurrentes y al no existir ningún tipo de regulación, el despejado de especies y la liberación de ganado han modificado drásticamente y rápidamente la zona. Esto hace urgente que se cuente con información del sistema, especialmente de la propagación de las especies carismáticas que son endémicas de esta zona.



Fuente: Video difusión Proyecto FIIBN-CONAF 009/2015 <https://youtu.be/2xtfEiWI28>

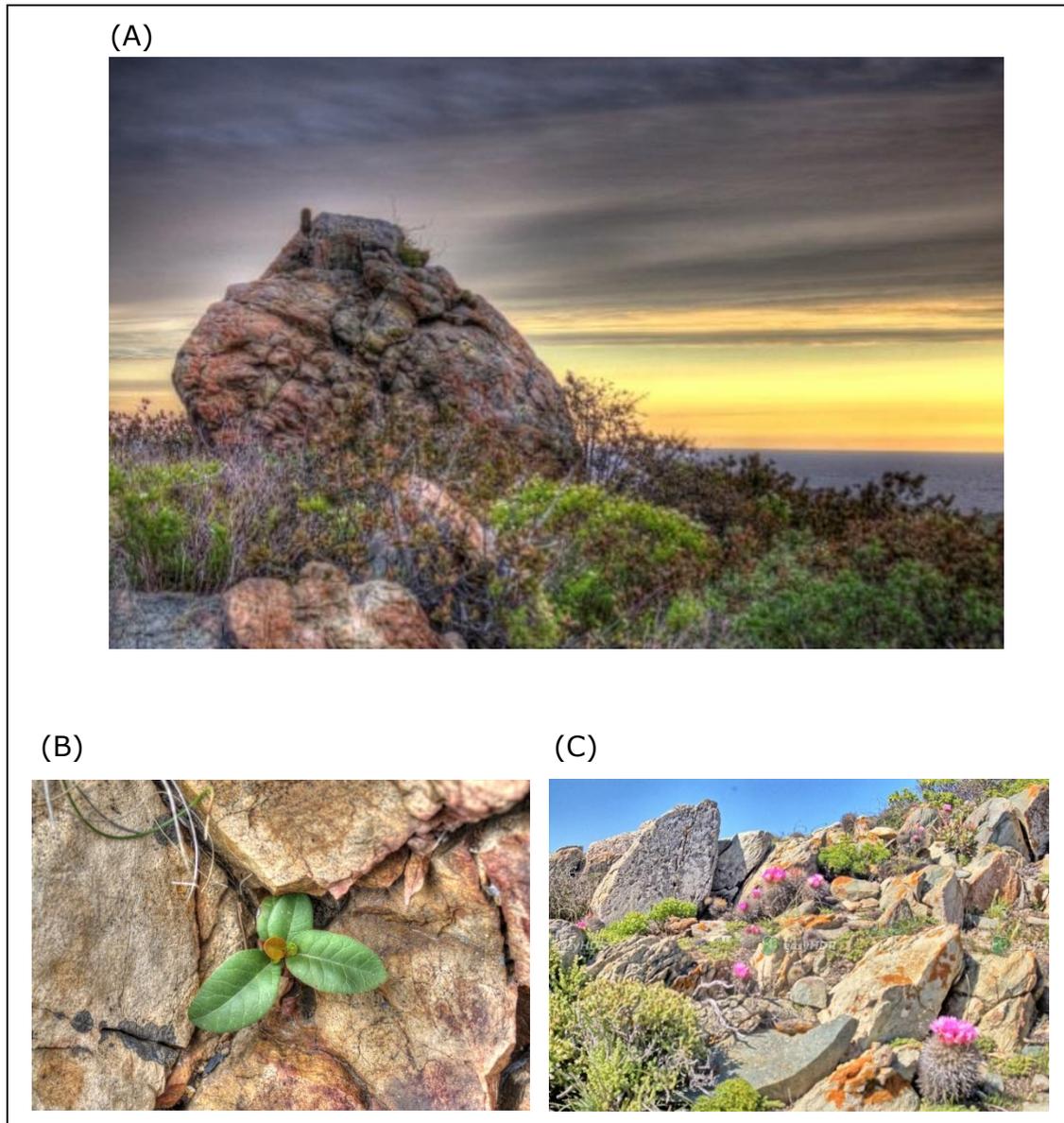


Figura 1. Aspecto general de un afloramiento rocoso en la franja costera Pichidangui-Los Molles, en el que se distingue la vegetación xerofítica asociada (A). Individuo juvenil del lúcumo chileno o palo colorado *Pouteria splendens*, especie endémica del matorral costero de Chile central, creciendo entre las rocas de un afloramiento (B). Hábitat de *Eriogyne chilensis* sobre un afloramiento rocoso (C). Fotografías por G. Carvallo.

EL LÚCUMO CHILENO *POUTERIA SPLENDENS* (A. DC.) KUNTZE (SAPOTACEAE)

El lúcumo chileno, lúcumo silvestre o palo colorado corresponde a una especie relictica tropical y endémica de Chile miembro de la familia Sapotaceae (Morales et al., 2015). La distribución del lúcumo chileno se encuentra acotada a terrazas litorales del matorral esclerófilo costero (Sotes et al., 2018). A la fecha, sólo dos poblaciones de esta especie existen, separadas por cerca de 90 km (Muñoz & Serra, 2006; Morales et al. 2015). Esta situación ha resultado en que la especie haya sido categorizada como En Peligro (Muñoz & Serra, 2006). Ninguna de las poblaciones de esta especie se encuentra dentro del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE).

Pouteria splendens es un árbol siempreverde que puede alcanzar hasta 10 m de altura, con hojas ovaladas y esclerófilas (Muñoz and Serra, 2006). Su follaje es denso y varios individuos presentan ramas enmarañadas emergiendo de un tocón central que generan parches cerrados (Sotes et al. 2013) (Figura 2A). Sus flores son hermafroditas y de pequeño tamaño (~ 15 mm) (Figura 2B). Los frutos de esta especie son una drupa, de color amarillo a rojo en su madurez con un diámetro aproximado de 40 mm (Figura 2C). La semilla abarca la mayoría del fruto y es recalcitrante, por lo que no se puede almacenar por largos periodos para su posterior siembra. A una escala espacial reducida, esta especie crece asociada a afloramientos rocosos (Figura 1A, 1B), aunque también es posible encontrar individuos en sitios abiertos, que probablemente fueron desforestados (Sotes et al. 2018; Carvallo et al., 2019).

Respecto a la fenología reproductiva, se ha determinado que la población más septentrional presenta una alta sincronía en la fenología reproductiva, ya que desde octubre hasta abril aproximadamente el 25% de los individuos muestreados en la población presenta simultáneamente botones florales, flores y frutos (Henríquez et al. 2012). Durante los meses de enero y febrero esta cifra aumenta: el 100% de los individuos muestreados presenta flores y frutos simultáneamente. Investigaciones realizadas en lúcumo chileno concluyen que la regeneración natural de la especie está restringida en fases posteriores a la formación de frutos y semillas, especialmente en su dispersión, germinación, asentamiento y prendimiento (Hechenleitner et al. 2005; Henríquez et al. 2012, Morales et al. 2015; Peña-Egaña et al. 2018; Sotes et al. 2018). Por lo tanto, contar con una propuesta de propagación de la especie es imprescindible para su conservación.

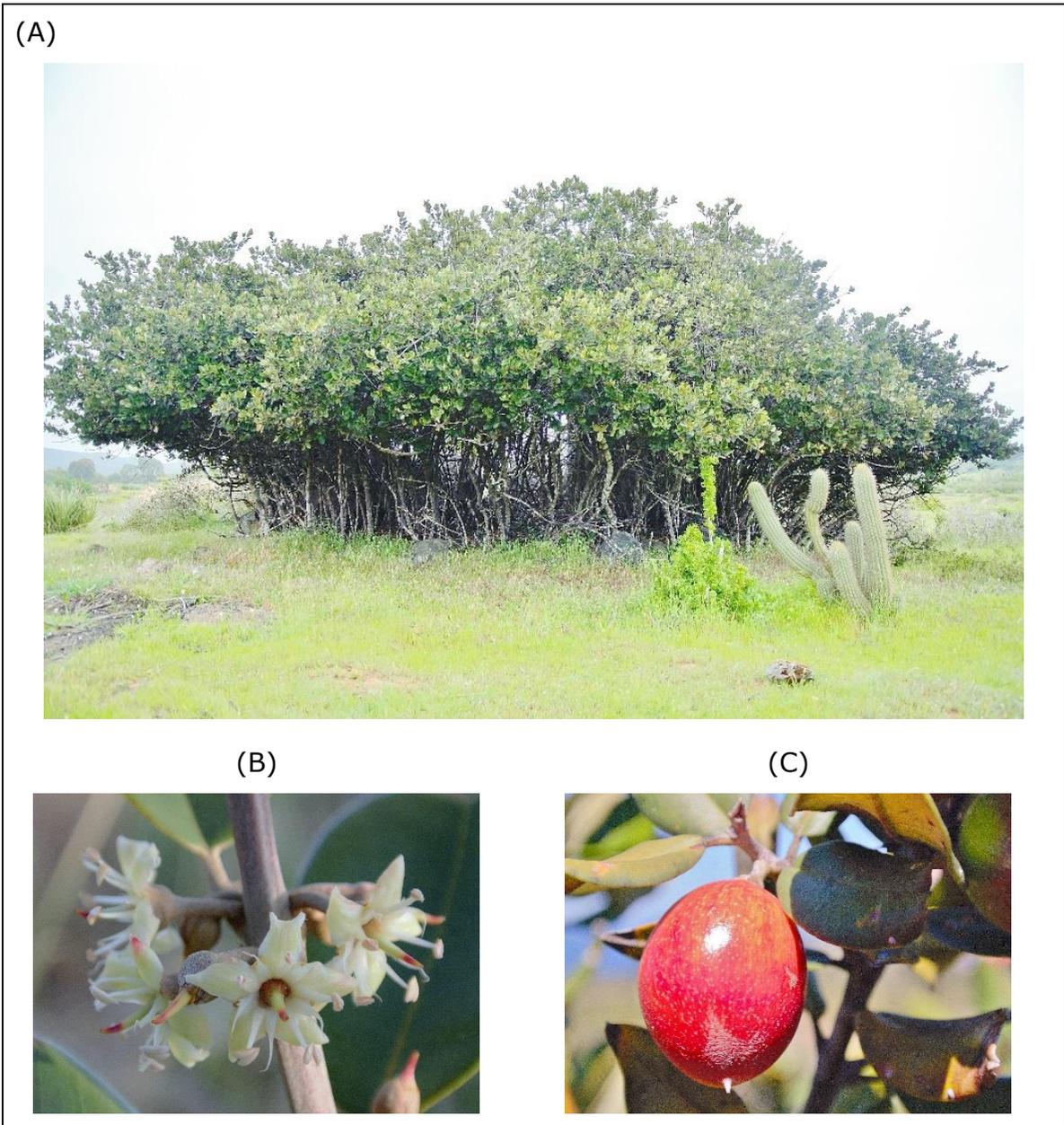


Figura 2. Ejemplar de lúcumo chileno o palo colorado, *Pouteria splendens*. Individuo adulto en sitio perturbado, nótese la ramificación basal con varios fustes, provenientes de una única base quemada (A). Detalle de una inflorescencia, con una flor en primer plano (B). Fruto (C). Fotografías por G. Carvallo.

EL CACTUS "CHILENITO" *ERIOGYNE CHILENSIS* (HILDM. EX K. SCHUM.) KATT. (CACTACEAE)

El chileno *Eriogyne chilensis* es un cacto globoso que habita exclusivamente afloramientos rocosos entre Pichidangui y Los Molles en la franja costera (Guerrero et al., 2011a) (Figura 1C). Muchas veces el chileno es confundido con otras cactáceas del género *Eriogyne*, como *E. subgibbosa*, pero es una especie diferente (Figura 3). Las flores de *E. chilensis* tienen sus tépalos rectos dispuestos de forma radial formando una estructura tipo "embudo" (Figura 3A, 3B) a diferencia de otras especies de *Eriogyne* sect. *Neoporteria* cuyos tépalos internos forman un tubo estrecho (Figura 3C). Esta especie presenta dos variedades taxonómicas. *Eriogyne chilensis* presenta flores con tépalos externos rosados y blanquecinos en su centro. Este taxón se encuentra presente en toda el área estudiada, excepto en la porción norte, cerca de Pichidangui (Figura 1C, Figura 3A). Una segunda variedad, *E. chilensis* var. *albidiflora*, solo se encuentra en la porción norte del rango de distribución de la especie y presenta flores con tépalos blancos o amarillentos (Figura 3B). La distinción entre variedades es imposible sin flores, dado que vegetativamente los cactus son muy similares (Antinao et al., 2019). Esta situación es válida también cuando se quiere diferenciar entre las especies *E. chilensis* y *E. subgibbosa*: no se pueden distinguir los individuos sólo con los rasgos vegetativos, requiriéndose que las plantas se encuentren en flor. Por la reducida área de ocupación de este cactus (5 km²) y el alto grado de perturbación de su hábitat *E. chilensis* se encuentra categorizada como en peligro de extinción (EN) por el Ministerio de Medioambiente y en peligro crítico de extinción por la UICN (Faúndez et al. 2013).

La floración de *E. chilensis* y *E. chilensis* var. *albidiflora* ocurre entre los meses de octubre y noviembre. Si las flores son polinizadas, estas producen frutos que maduran entre diciembre y febrero. Cada planta produce en promedio dos frutos (Carvallo et al. 2018). Las semillas presentan un mecanismo de dispersión de autocoria restringida: su remoción genera que gran proporción de las semillas se depositen sobre la planta madre (Pablo Guerrero, obs. pers.). El número de semillas por fruto es estadísticamente mayor para *E. chilensis* var. *albidiflora* (154 semillas \pm 14, N = 26 frutos analizados) que *E. chilensis* (74 semillas \pm 9, N = 47 frutos) (Carvallo et al., 2018).



Figura 3. Ejemplares de los cactus *Eriosyce chilensis* (A), *E. chilensis* var. *albidiflora* (B) y *E. subgibbosa* (C). Nótese la morfología floral de *E. chilensis* con flores con forma tipo “embudo” (A, B), mientras que *E. subgibbosa* presenta flores con forma “tubular” con algunos tépalos en dirección externa (C). Todas estas taxas habitan la franja costera entre Pichidangui y Los Molles. Fotografías: P. Guerrero.

PROPAGACIÓN DEL LÚCUMO CHILENO, *POUTERIA SPLENDENS*

1. Recolección de frutos. Los frutos se retiran de los árboles de manera directa una vez maduros: su color varía desde un color rojo intenso hasta amarillo y se verifica su madurez al percibirse relativamente blandos al tacto. Los meses de recolección de frutos son entre diciembre y febrero. Es importante realizar la recolección de frutos de varios individuos adultos diferentes para tener una muestra heterogénea de germoplasma, asegurando de esta manera una mejor representación de la diversidad genética de la población. Los frutos al ser ricos en azúcares fermentan rápidamente por lo que se deben almacenar en bolsas que permitan su ventilación, como bolsas de papel. Se deben depositar en lugares frescos y secos. No se deben acumular muchos frutos en una misma bolsa (máximo 300 g a 350 g por bolsa) dado que la maduración de unos pocos frutos acelera la maduración del resto. Es importante señalar que por ser una especie en peligro de extinción la colecta de frutos debe estar justificada.

2. Tratamientos pre-germinativos. Las semillas son recalcitrantes, por lo que mueren al secarse, por ello no se pueden conservar por largos periodos de tiempo. Una vez recolectados los frutos se debe retirar la pulpa. Cada fruto cuenta con una semilla, aunque existen casos de frutos con dos (3% de los frutos; Carvallo et al. 2019) o hasta tres semillas (Sotes et al. 2018).

Una vez que las se obtienen las semillas estas se dejan en agua destilada por 48 horas para la hidratación del embrión. Pasada las 48 horas se debe realizar un tratamiento de estratificación frío-húmedo a 4°C en arena por 4 semanas. Para realizar la estratificación se recomienda almacenar los contenedores con arena y semillas en un refrigerador.

3. Siembra. Se deben preparar bandejas profundas o macetas profundas para realizar la siembra, con buen drenaje para impedir acumulación de agua. El sustrato que permite mejores resultados de germinación es una mezcla de tierra de hoja y arena en proporción 3: 2 (60% - 40%). Las semillas deben enterrarse hasta la mitad. En esta etapa se recomienda regar inundando las macetas o bandejas. La germinación de las semillas es de carácter hipógeo, esto quiere decir que los cotiledones permanecen enterrados. Para mantener las condiciones de humedad de la siembra se recomienda tapar la siembra con hojarasca y hacer un riego por aspersión.

Dado que el lúcumo silvestre presenta semillas recalcitrantes la siembra ocurrirá generalmente en meses de verano donde las temperaturas son elevadas. Se recomienda realizar riegos por aspersión semanales durante los dos primeros meses. Si se cuentan con invernaderos donde se controla el fotoperiodo y la temperatura se recomienda mantener las plantas a un régimen de 12 h/12 h luz/oscuridad a 20°/25° C regando por inundación las macetas semanalmente durante los dos primeros meses. La germinación del lúcumo tiene un éxito relativamente bajo (Figura 4A), cercano al 50% después de tres meses (Carvallo et al. 2018). Tras este tiempo las plantas alcanzan una estatura aproximada de 10 cm con una tasa de crecimiento de 0.5 mm·día⁻¹ (Carvallo et al. 2018) (Figura 4B, 4C, 4D).

La hojarasca que se utiliza para cubrir las semillas puede ser extraída de los sitios de colecta de los frutos. Sin embargo, debemos advertir que la extracción de hojarasca en Chile es una actividad que está regulada por ley, por lo tanto, su extracción debe estar previamente autorizada.

4. Trasplante. Las plantas alcanzan un crecimiento adecuado (sobre 20 cm) para su trasplante después de aproximadamente siete meses. Si las plantas han sido mantenidas en viveros o invernaderos con condiciones diferentes a la de sus sitios naturales se recomienda su aclimatación en viveros ubicados en el matorral costero por periodos de seis meses. En esta etapa los riegos pueden realizarse cada tres-cuatro semanas.

El trasplante de las plantas en sitios definitivos se sugiere después de las primeras lluvias copiosas (mayo – junio). Realizar un agujero de una profundidad similar a la maceta (Figura 5A). Aunque se puede pensar utilizar sustratos que retengan humedad para una mayor sobrevivencia de plántulas como biogel (hidrogel) nuestro estudio evidenció que no hay mayor sobrevivencia con su uso (Carvallo et al. 2018) (Figura 5B). Lo mismo ocurre con el uso de cobertores de plantas, cuyo efecto estuvo más asociado a evitar la herbivoría que a promover la sobrevivencia cambiando las condiciones microclimáticas (Carvallo et al. 2018) (figura 5B).

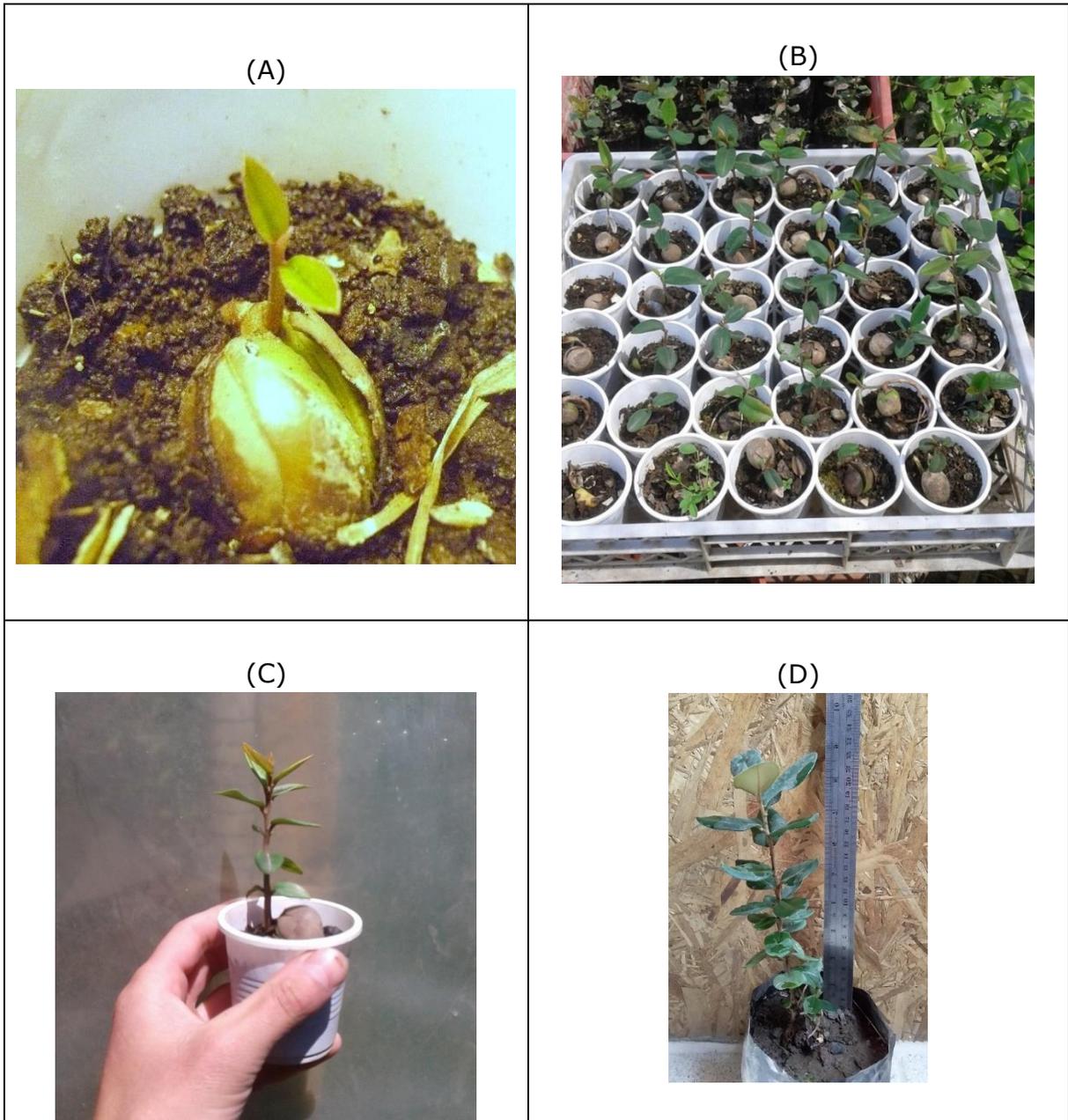


Figura 4. Germinación y trasplante del lúcumo chileno *P. splendens*. Plántula en sus primeros días de emergencia (A). Bandeja con plántulas mantenidas en vivero (B). Individuo tras 100 días de crecimiento (C). Individuo juvenil con tamaño adecuado para el trasplante, tras 150 de crecimiento. Fotografías: R. Fernández.

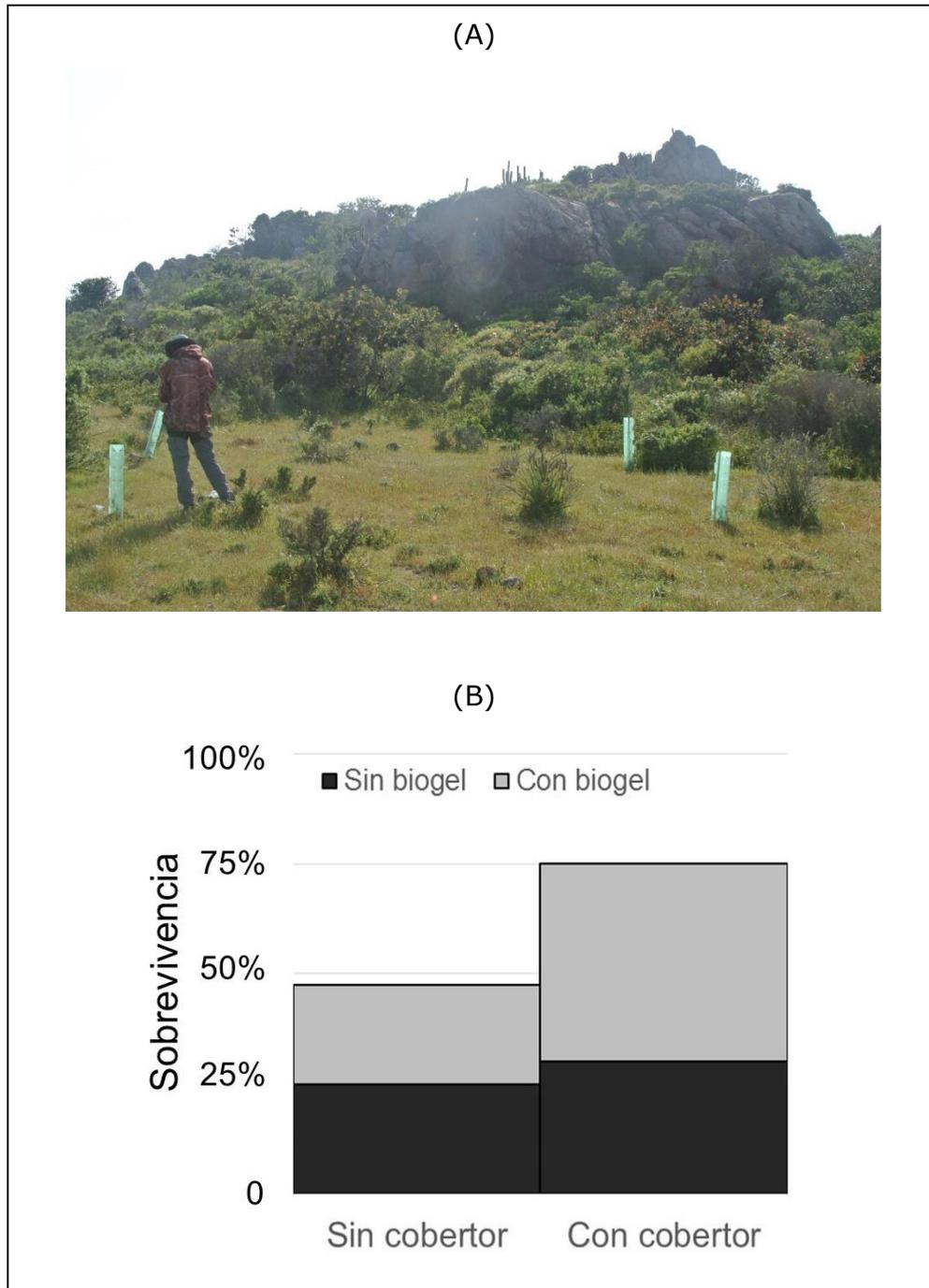


Figura 5. Emplazamiento de trasplante del lúcumo chileno *P. splendens* realizado en año 2017 en la localidad de Pichidangui en el que se observa el uso de cobertores (A). Porcentaje de sobrevivencia de individuos trasplantados bajo un experimento de dos factores: con/sin cobertor y con/sin hidrogel (B). Los análisis estadísticos de este último experimento no muestran un efecto significativo ni del cobertor ni del hidrogel sobre la sobrevivencia del trasplante. Ver Carvallo et al. (2018) para más detalles.

PROPAGACIÓN DEL CACTO CHILENITO, *ERIOGYNE CHILENSIS*

1. Recolección de semillas. Los frutos se recolectan entre los meses de diciembre a febrero. Se debe procurar identificar y marcar los individuos durante la floración, dado que en cualquier otra época del año las especies son irreconocibles entre sí. Las semillas presentan un sistema de dispersión por autocoria restringida: la remoción de los frutos genera que las semillas se depositen sobre la planta madre desde donde es muy difícil remover las semillas por la presencia de espinas. Se recomienda para la extracción de semillas usar guantes gruesos y una pera de limpieza, la que se puede usar a modo de pequeña aspiradora que remueva las semillas. Las semillas del cactus chileno son pequeñas (~ 1.5 mm) por lo que su manipulación debe hacerse con extremo cuidado, evitando ráfagas de viento (comunes en la zona litoral) por lo que se recomienda su colecta en las mañanas temprano.

Las semillas colectadas se depositan en sobres de papel que deben ser almacenados en sitios secos y oscuros. Las semillas pueden permanecer depositadas por periodos superiores a un año manteniendo su viabilidad (Pablo Guerrero, obs. pers.). Es importante señalar que por ser una especie en peligro de extinción la colecta de frutos debe estar justificada y contar con permisos de extracción.

2. Siembra. Las semillas de esta especie no son recalcitrantes y la siembra se puede hacer sin pretratamiento de las semillas. Se recomienda usar macetas amplias, rectangulares, dado que la germinación de semillas varía entre el 86 – 100% para semillas sembradas dentro del primer año de colecta (Carvallo et al. 2018), por lo que la densidad de plántulas puede llegar a ser alta dentro de una maceta. Como sustrato de siembra usar humus o compost harneado y arena en proporción 1: 1. Realizar el harneo del humus con un tamiz de 0.2 mm, desechando las partes más finas. Como forma de evitar contaminación el sustrato y las semillas desinfectar aplicando calor por 15 minutos en un horno (150-180° C). Una vez llenadas las macetas con sustrato regar inundando con agua.

Para el proceso de siembra, se debe procurar una distribución heterogénea de las semillas y evitar su aglutinación. Se recomienda poner las semillas dentro de un salero limpio y así dispersarlas sobre el sustrato. Se recomienda una densidad no mayor a 1.6 semillas/cm² (equivalente a 40 semillas en una maceta con una superficie de 5 x 5 cm). Una vez sembradas las semillas debe realizarse un riego con aspersor suave y llevar las macetas a condiciones de 12 h luz/12h oscuridad a una temperatura de 21° C. Si no se cuenta con cámaras en que se pueda controlar temperatura y fotoperiodo, la germinación se puede llevar a cabo

en viveros emplazados en sitios de matorral costero, obteniéndose un éxito > 50% en la germinación (Santiago Figueroa, com. pers.). La germinación de la especie ocurre siempre en presencia de luz, por lo que su siembra debe ser superficial en el sustrato (Guerrero et al, 2011b).

3. Repique y trasplante. Una vez que las plántulas alcanzan un tamaño adecuado (3 cm. de longitud aproximadamente) se puede realizar el repique. Para esto se sacan de las macetas donde se realizó la germinación, tratando de dañar lo menos posible las raíces. Se recomienda hacer este procedimiento a comienzos del invierno para que las plantas puedan hidratarse con las precipitaciones invernales de la zona donde las plantas serán trasplantadas. Los individuos pueden ser replantados en grupos de 10 o 20 en macetas pequeñas de concreto y llevadas al hábitat para que se aclimaten a las condiciones ambientales *in situ* (Figura 6). Utilizar sustrato de la zona de intervención. Las ventajas de las macetas es que pueden ser regadas fácilmente, prolongan la mantención de la humedad en el sustrato proveniente del agua lluvia y permiten que las raíces de los individuos formen una matriz entrelazada que le dará más firmeza al sustrato. Como norma general, mientras más grande sean los individuos más alta es la sobrevivencia. Por ejemplo, hemos observado que individuos de 3 años logran casi un 100% de sobrevivencia al ser trasplantados. Las macetas deben ser instaladas en el microhábitat de *E. chilensis*, esto es entre rocas o fisuras de rocas frente al mar. Es importante monitorear la sobrevivencia de los individuos cada dos meses. Las macetas se pueden cubrir con malla de gallinero para evitar su remoción, especialmente por animales y personas.

Los cactus pueden ser mantenidos durante un año en las macetas de concreto para su posterior trasplante al sitio definitivo (Figura 6). **Es importante trasplantar los individuos en el mismo lugar donde se recolectaron las semillas.** De esta manera se evita interferir en los procesos ecológicos al realizar mezclas de individuos con distinta composición genética, lo que puede llevar a mezclar variedades diferentes en el hábitat. Para realizar el trasplante definitivo se deben escoger grietas de rocas que sean del tamaño adecuado para que el bloque de sustrato no se desarme. Es importante sacar todo el bloque que contiene el sustrato y las raíces, éste debe ser puesto en un lugar que evita que se caiga o se desarme. Se pueden utilizar tablitas de madera que ayuden a mantener la estructura del sustrato. Una vez instalado regar con cuidado. Las raíces de los individuos crecerán a través de la fisura dándole la firmeza requerida para su sobrevivencia a largo plazo. Realizar monitoreo cada dos meses.



Figura 6. Macetas de concreto que contienen plántulas de *E. chilensis* después en el sitio de trasplante. Este tamaño se logra después de un año en el hábitat.

RECOMENDACIONES FINALES

Es recomendable que el proceso de restauración usando las plantas propagadas que incluye esta guía puede realizarse asociada a afloramientos rocosos en la franja costera de Pichidangui-Los Molles. Estos afloramientos rocosos actúan como núcleos con condiciones microclimáticas más favorables que sitios abiertos y perturbados, los que mejoran el reclutamiento y crecimiento de plántulas desde una zona de mayor densidad de individuos (núcleo) hacia áreas con menos densidad (entre-núcleos) (Carvallo et al., 2018; 2019). Los núcleos asociados a afloramientos rocosos pueden contribuir en la restauración pasiva y activa de la vegetación, especialmente en sitios perturbados y para especies con problemas de conservación. A pesar de estas ventajas, la pérdida de individuos desde las poblaciones y el aislamiento geográfico entre los afloramientos rocosos puede incrementar las tasas de endogamia, reduciendo la diversidad genética de las plantas y aumentando la probabilidad de que expresen genes deletéreos. Por lo tanto, la colecta de frutos y semillas debe maximizarse en el espacio físico.

La protección de los afloramientos rocosos del “sitio prioritario para la conservación Los Molles-Pichidangui” y su revegetación a través de la propagación de plantas debe ser considerada en cualquier estrategia o programa que propenda a conservar el matorral costero de Chile central, dado que es una zona con alto endemismo, que alberga especies carismáticas en categorías extremas de amenaza y cuya degradación continuará en los próximos años producto de los incendios, desertificación, urbanización e introducción de especies alóctonas, entre otros eventos. Bajo nuestra proyección, en las condiciones actuales, el sitio prioritario para la conservación Los Molles-Pichidangui presenta una alta probabilidad de degradación (Carvallo et al. 2018; 2019). Esto involucraría la extinción local (ej. lúcumo chileno, papaya chilena) y total de especies endémicas (ej. cactus chileno), debido a las amenazas antes mencionadas. Es de especial preocupación la reducida superficie que abarca el sitio, la carencia de estrategias de conservación del área y la falta de educación medioambiental de los habitantes de la zona y sus visitantes que desconocen la importancia irremplazable de la biodiversidad local y los servicios ecosistémicos que provee el sitio. En este sentido, nuestra guía intenta disponer de información científica para que tanto los tomadores de decisiones como las personas que se sientan llamadas a proteger este sitio actúen a la brevedad.

Finalmente, invitamos a quienes lean esta guía a ver los videos de difusión del proyecto que se encuentran disponibles en la página <https://youtu.be/2xtfEiWI28> (lúcumo) y <https://youtu.be/Wx5Cc1YFDXc> (cactus chileno).

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que apoyaron las labores del proyecto CONAF-FIBN 009/2015: Claudia Antinao, Arón Cádiz, Camila González, Francisco González, Patricia Henríquez, Victoria Leiva, Francisca Longueira, José Longueira, Camila Munso, Marcelo Rosas, Bernardo Segura, Constanza Schapheer, Ítalo Tamburrino, Valentina Vilches y Beatriz Vergara. Santiago Figueroa y Bernardo Segura prestaron importante apoyo técnico en la propagación de cactus y la toma de fotografías aéreas, respectivamente. Agradecemos también a los tesisas asociados al proyecto: Claudia Antinao, Gabriela Carrasco, Priscila Monardes, Ítalo Tamburrino y Beatriz Vergara.

Finalmente agradecer el financiamiento de FONDECYT N° 11150301 a Gastón Carvallo y FONDECYT N° 1160583 a Pablo Guerrero que permitieron complementar los fondos del FIBN.



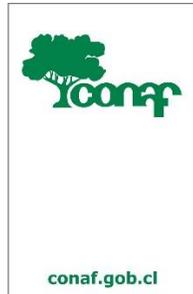
Dibujo: C.A. Villagra

REFERENCIAS

- Alaniz AJ, Galleguillos M, Perez-Quezada JF. 2016. Assessment of quality of input data used to classify ecosystems according to the IUCN red list methodology: the case of the central Chile hotspot. *Biological Conservation* 204:378–385.
- Antinao CA, Carvallo GO, Vergara-Meriño B, Villagra CA, Guerrero PC. 2019. Bees may drive the sexual reproduction of four sympatrically distributed cacti in a vanishing coastal Mediterranean ecosystem. *PeerJ Preprints* 7: e27792v1.
- Armesto JJ, Manuschevich D, Mora A et al. 2010. From the Holocene to the Anthropocene: A historical framework for land cover change in southwestern South America in the past 15,000 years. *Land Use Policy* 27: 148–160.
- Brooks TM, Mittermeier RA, da Fonseca GAB, et al. 2006. Global Biodiversity Conservation Priorities. *Science*, 313: 58–61.
- Carvallo GO, Guerrero PC, Villagra CA. 2018. *Nucleación de procesos ecológicos y su rol en la recuperación del matorral costero dentro de unidades de conservación genéticamente delimitadas*. Informe Final Proyecto 009/2015 FIBN-CONAF.
- Carvallo GO, Vergara-Meriño B, Díaz A, et al. 2019. Rocky outcrops conserve genetic diversity and promote regeneration of a threatened relict tree in a critically endangered ecosystem. *Biodiversity and Conservation* DOI: 10.1007/s10531-019-01797-6.
- CONAMA-PNUD. 2005. *Estrategia y plan de conservación de la diversidad biológica Región de Valparaíso*. CONAMA, Santiago.
- Cowling RM, Rundel PW, Lamont BB et al. 1996. Plant diversity in mediterranean-climate region. *Trends in Ecology and Evolution* 11: 362–366.
- Echeverría C, Coomes D, Salas J et al. 2006. Rapid deforestation and fragmentation of Chilean Temperate Forests. *Biological Conservation* 130: 481–494.
- Esler KJ, Jacobsen AL, Pratt RB. 2018. *The Biology of Mediterranean-Type Ecosystems*. Oxford University Press, Oxford.
- Faúndez L, Guerrero P, Saldivia P, Walter HE. 2013. *Eriosyce chilensis*. The IUCN red list of threatened species 2013: eT151924A576839.
- Guerrero PC, Arroyo MTK, Bustamante RO, et al. 2011a. Phylogenetics and predictive distribution modeling provide insights into the geographic divergence of *Eriosyce* subgen. *Neoporteria* (Cactaceae). *Plant Systematics and Evolution* 297: 113–128.
- Guerrero PC, Alves-Burgos L, Peña-Gómez FT, Bustamante RO. 2011b. Positive photoblastic response of seed germination in *Eriosyce* subgen. *Neoporteria* (Britton & Rose) Helmut Walter (Cactaceae). *Gayana Botanica* 68: 110-113.
- Harris JA, van Diggelen R. 2006. Ecological restoration as a Project for global society. En: van Andel J, Aronson J (eds). *Restoration Ecology*. Blackwell Science, Malden. pp 3-15.
- Hechenleitner P, Gardner MF, Thomas PI, et al. 2005. *Plantas amenazadas del centro-sur de Chile* (1st ed.). Valdivia: Universidad Austral de Chile y Real Jardín Botánico de Edimburgo.
- Henríquez CA, Sotes GJ, Bustamante RO. 2012. Fenología reproductiva de *Pouteria splendens* (Sapotaceae). *Gayana. Botánica* 69: 251–255.
- Luebert F, Plischoff F. 2006. *Sinópsis bioclimática y vegetacional de Chile* (1ª Ed). Santiago: Universitaria.
- Lund R, Teillier S. 2012. Flora vascular de Los Molles Región de Valparaíso Chile. *Chloris chilensis* 15. <http://www.chlorischile.cl/Lund-Los%20Molles/flora%20de%20Los%20Molles.htm>.
- Millenium Ecosystem Assessment. 2005. Global and Multiscale Assesment Reports: Current State and Trends. Disponible en URL <https://www.millenniumassessment.org/en/Reports.html>
- Ministerio del Medioambiente de Chile (MMA). 2014. *Lista de especies nativas según estado de conservación*. Disponible en URL <https://goo.gl/u56Wa7>.

- Morales NS, Fernandez IC, Carrasco BA, Orchard C. 2015. Combining niche modelling, land use-change, and genetic information to assess the conservation status of *Pouteria splendens* populations in Central Chile. *International Journal of Ecology* DOI:10.1155/2015/612194.
- Muñoz M, Serra MT (2006) Estado de conservación de las plantas de Chile: *Pouteria splendens*.
http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/Anexos_segundo_proceso/Fichas_especies_segundo_proceso/Pouteria_splendensdoc.
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG et al. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853–858.
- Peña-Egaña M, Loayza AP, Squeo FA. 2018. Are pulp consumers effective seed dispersers? Tests with a large-seeded tropical relict tree. *Biotropica* DOI:10.1111/btp12604.
- Society for Ecological Restoration (SER) International. 2004. *Principios de SER International sobre la restauración ecológica*. Tucson: Society for Ecological Restoration International.
- Sotes GJ, Bustamante RO, Henríquez CA (2018) Leaf litter is essential for seed survival of the endemic endangered tree *Pouteria splendens* (Sapotaceae) from central Chile. *Web Ecology* 18:1–5.
- van Andel J, Aronson J. 2006. *Restoration Ecology*. Blackwell Science, Malden.

Financiamiento



Fondo de
Investigación
del Bosque Nativo

Patrocinio



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO

Instituciones asociadas



Universidad de Concepción

