



Chloris Chilensis

Revista chilena de flora y vegetación

Año 24. N° 2

**GERMINACIÓN, ESTADIOS DE PLÁNTULAS Y MANEJO DEL CRECIMIENTO
AÉREO TEMPRANO EN EL ARBUSTO ENDÉMICO *ERYTHROSTEMON
ANGULATUS* (HOOK. & ARN.) E. GAGNON & G. P. LEWIS**

*GERMINATION, SEEDLINGS AND EARLY AERIAL GROWTH MANAGEMENT IN THE
ENDEMIC SHRUB *ERYTHROSTEMON ANGULATUS* (HOOK. & ARN.) E. GAGNON &
G. P. LEWIS*

Mario F. León, Eric Ibacache, Ana C. Sandoval, Carolina Pañitrur, María José Espejo,
Giovanny Mundaca, Marco Acosta & Johana Navarro.

Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Intihuasi, Banco Base de Semillas, Chile.

E-mail: ana.sandoval@inia.cl

RESUMEN

Erythrostemon angulatus (Hook. & Arn.) E. Gagnon & G. P. Lewis es un arbusto endémico de Chile distribuido en las regiones de Atacama y Coquimbo. En este trabajo se entrega información acerca de sus semillas, su germinación, el crecimiento y desarrollo de sus plántulas y la aplicación de un procedimiento para el manejo de su crecimiento aéreo que mejora su desarrollo en vivero. Las semillas utilizadas fueron recolectadas desde tres fragmentos poblacionales con más de 25 plantas adultas, provenientes de la comuna de Coquimbo. Los fragmentos se encuentran dentro de recintos privados y están sometidos a la influencia de actividades humanas tales como construcción y uso de caminos, pastoreo y vertimiento de basura. Las semillas de las tres accesiones no fueron sometidas a ningún tratamiento pre-germinativo y el promedio de la germinación fue 92% en un período de tres a cinco días. El seguimiento en una muestra de 30 plántulas demostró que el 80% logró el desarrollo de la primera hoja verdadera de 18 a 24 días después de la siembra. Una segunda muestra de 30 plántulas fue utilizada para evaluar el manejo del crecimiento de los ejes aéreos, tres tratamientos fueron considerados. En el primero se aplicó una poda apical temprana a las plántulas para dejar dos hojas verdaderas, el segundo, se dejó tres hojas verdaderas y se comparó con control, que permaneció sin poda. Después de 85 días, el crecimiento aéreo fue

significativamente menor en los tratamientos de poda (< 50 %), en términos de altura, pero el número de brotes nuevos fue similar entre sí. Las diferencias principales se detectaron en la orientación del crecimiento. En los tratamientos de poda, las plantas juveniles exhibieron crecimiento aéreo vigoroso y erguido mientras que, las plantas del control mostraron un crecimiento laxo y horizontal. Se confirma entonces que *Erythrostemon angulatus* presenta una alta germinación y un buen desarrollo de plántulas. Sin embargo, se recomienda una intervención temprana para el mejorar el desarrollo de las plántulas, si el objetivo final es contar con plantas vigorosas para reintroducción.

Palabras claves: semillas, fenofases, Fabaceae, reintroducción de plantas, hábitat semiárido.

ABSTRACT

Erythrostemon angulatus (Hook. & Arn.) E. Gagnon & G. P. Lewis is an endemic shrub of Chile distributed in the Regions of Atacama and Coquimbo. In this work we provide information about their seeds, germination behavior, growth and development of seedlings and responses to management of aerial growth. The seeds were collected from three population fragments with more than 25 adult plants distributed within the Coquimbo area. The fragments were found within private properties and showed influence of human activities (roads, grazing and litter). The seeds of the three accessions were not required any germination treatment to achieve germination of 92 % average in a period of 3 to 5 days. Results of monitoring a sample of 30 seedlings showed that 80% developed their first true leaf in a period of 18 to 24 days. A second sample of 30 seedlings of 30 days was used to evaluate the responses to management of aerial axes, a pruning leaving a treatment with two leaves, another with three leaves and a control without pruning. After 85 days, the growth was significantly lower in the treatments (< 50 %), but the number of new shoots was similar to each other. Differences were detected in growth orientation. In the treatments, the juvenile plants exhibited vigorous and vertical aerial growth while, in the control, it was lax and horizontal. A high germination response and development in the seedling stage of *Erythrostemon angulatus* were confirmed. However, an intervention at this level is relevant for later stages if the objective is the production of vigorous plants for their reintroduction.

Keywords: seeds, phenophases, Fabaceae, plant reintroduction, semi-arid habitat.

INTRODUCCIÓN

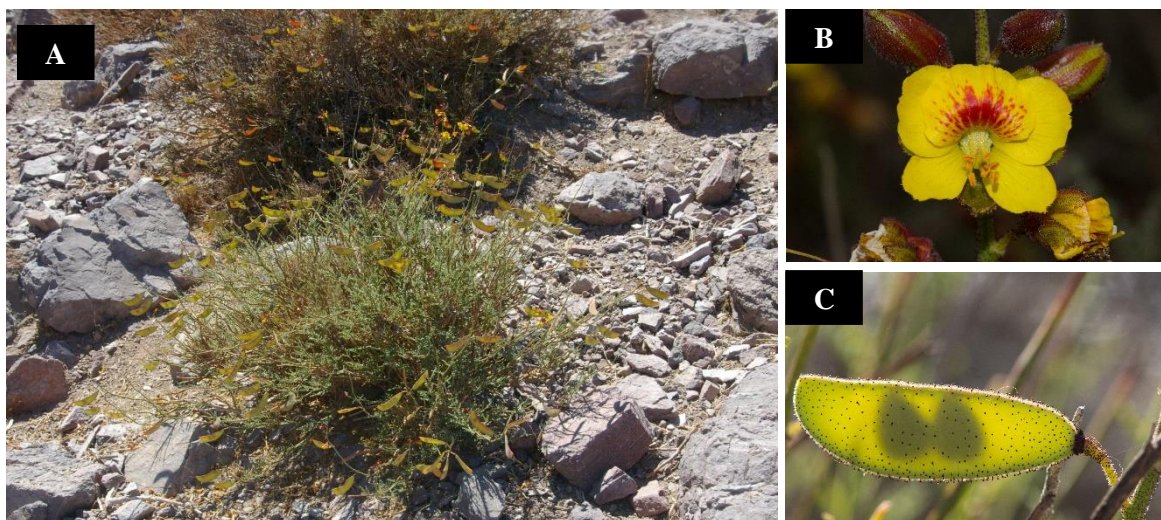
Erythrostemon comprende arbustos y árboles pequeños a medianos que habitan en los bosques secos tropicales del sur de Estados Unidos, de México, de Centroamérica, del Caribe y de Sudamérica (Gagnon *et al.* 2016). Se han reconocido 31 especies con 34 taxones para el género, ocho de ellas habitan en Sudamérica. Específicamente se encuentran en la caatinga de Brasil, en Argentina, Bolivia, Paraguay y Chile.

Fue considerado como parte de *Caesalpinia* (Ulibarri, 1996), hasta que análisis filogenéticos permitieron reclasificar el género, reconociendo a *Erythrostemon* como un clado independiente (Gagnon *et al.* 2016).

De acuerdo con Rodríguez *et al.* (2018), en Chile está representado por una especie endémica del país, *Erythrostemon angulatus* (Hook. & Arn.) E. Gagnon & G. P. Lewis y por *Erythrostemon gilliesii* (Hook.) Klotzsch, una alóctona asilvestrada, utilizada como ornamental, con origen en Bolivia y Argentina.

E. angulatus, conocido comúnmente como “retamo”, habita en las regiones de Atacama (27°35’S-70°03’) y de Coquimbo (29°49’S-70°50’). Es un arbusto achaparrado de 0,8 a 1 m de alto (Figura 1), con las ramas angulosas, muy ramificado desde la base; sus hojas son biyugas y los folíolos pinnaticompuestos, formadas por cuatro a ocho pares de foliolulos. Tiene flores de color amarillo-anaranjado, levemente zigomorfas que se agrupan en racimos terminales. El fruto es una legumbre comprimida, amarillenta, pubescente, glandulosa, de unos 3 a 4 cm de longitud, que contiene una a tres semillas de color marrón oscuro (Arancio *et al.*, 2001; Faúndez *et al.*, 2017).

Figura 1. *Erythrostemon angulatus*, A) hábito (Fotografía: Sebastián Tellier).
Detalle de B) flor y C) fruto (Fotografías: Sergio Ibáñez).



Crece formando poblaciones discontinuas constituidas por fragmentos de tamaño variable. Ocupa desde los sectores costeros hasta planos, laderas y quebradas interiores ubicadas hasta unos 1900 m de altitud. El establecimiento natural de sus ejemplares en estos hábitats está fuertemente influenciado por las precipitaciones, pero también por las actividades humanas que incrementan su amenaza, particularmente en la Región de Coquimbo, donde se la clasificó regionalmente como una especie vulnerable (Squeo *et al.*, 2001). Se propone que las principales amenazas a la estabilidad de los fragmentos poblacionales de la especie son la agricultura, por los cambios de uso de suelo y la consiguiente tala de la vegetación nativa para plantar viñas y otros cultivos, y la ganadería, por el permanente sobrepastoreo por ganado caprino, (Arancio *et al.*, 2001). En el futuro, se podría incrementar la probabilidad que *E. angulatus* requiera medidas que favorezcan la protección de sus poblaciones y de otras que acrecienten socialmente su valoración por las personas. Por el momento, los procesos de clasificación que conduce el Ministerio de Medio Ambiente no han definido su estado de amenaza, por lo que, en la actualidad, al 17° proceso (octubre 2021) la especie aún no ha sido evaluada (<https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/>).

Hoy, cuando la pérdida de especies de plantas ocurre a una tasa que no tiene comparación alguna, la crisis de la biodiversidad es una de las mayores preocupaciones ambientales en el planeta (Pimm *et al.*, 1995, Hautier *et al.*, 2015). La necesidad de promover su conservación, ante el evidente deterioro de sus hábitats, y de recuperar la relación consciente del ser humano con su entorno natural, son urgentes (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

En la perspectiva de la conservación de las especies, la reintroducción de plantas nativas a sus ambientes naturales complementa la protección que se brinda a una especie al incorporarla a áreas de protección, privadas o públicas (Jorquera *et al.*, 2002); sin embargo, la reintroducción de las especies necesita que se profundice el conocimiento de diversos aspectos de su biología tales como como la germinación y el desarrollo de las plántulas. En los hábitats áridos y semiáridos de Chile, los estados iniciales de una especie xerofítica representan una etapa crítica en el ciclo de vida de una especie, etapa de la que con frecuencia se carece de un buen nivel de información sobre los factores bióticos y abióticos que influyen en su reclutamiento y limitan su supervivencia.

A este respecto, se han llevado a cabo algunas experiencias; por ejemplo, en la reserva nacional Pampa del Tamarugal, ubicada en el desierto de Atacama, León *et al.*, (2018) estudiaron la biología de *Prosopis tamarugo*, una leguminosa endémica, clasificada como en peligro de extinción (DS 13/2013 MMA), ello con el fin de establecer las mejores condiciones para la reintroducción, en su ambiente, de plantas juveniles de ocho meses, en este contexto los autores determinaron mediante estudios en laboratorio que las condiciones de salinidad natural eran un factor que afectaba significativamente la supervivencia de las plántulas (León *et al.*, 2017).

Para *Balsamocarpon brevifolium*, otra leguminosa endémica del desierto de Atacama,

clasificada como en peligro de extinción al nivel regional (Squeo *et al.*, 2001), Ortiz (1943) estableció una relación entre la supervivencia de las plantas juveniles y la disponibilidad de agua en el suelo, tal idea fue incorporada en los ensayos experimentales de Wran & Barros (1987) para la reintroducción de la especie en su hábitat. Espejo *et al.*, (2018), a su vez, describieron, en condiciones de laboratorio, el proceso de germinación hasta la formación de sus primeras hojas de seis especies xerófitas de la Región de Coquimbo, encontrando que el proceso es muy dinámico a pesar de las diferencias en los tamaños de las semillas en las especies estudiadas.

En relación con *Erythrostemon angulatus*, la información respecto a la germinación de sus semillas es inexistente, pero un indicio se puede encontrar en el trabajo de Gutiérrez *et al.*, (2013) con *Caesalpinia spinosa*, quienes propusieron un tratamiento pregerminativo de remojo para estimular que la germinación tenga lugar entre 8 a 20 días. Antes, Motoki *et al.*, (1998) describieron una respuesta similar cuando las semillas se remojaban en agua a 80 °C y se enfriaban después por 24 horas. Respecto de la producción de plantas de *Erythrostemon angulatus* para una posterior reintroducción en su ambiente natural, la información empírica sugiere que las plantas deben ser manejadas mediante podas en alguna de las etapas de la producción debido a que sus ejes aéreos exhiben con frecuencia una tasa de crecimiento desmesurado. En una evaluación preliminar se comparó el crecimiento de plantas lignificadas de *Erythrostemon angulatus* de 8-10 meses, con una altura promedio de sus ejes aéreos de 55 cm, la remoción de la porción apical, dejando las plantas a una altura de 25 cm, no impidió que después de tres meses las plantas mantuvieran un crecimiento vigoroso con múltiples reiteraciones, aunque no corrigió el hábito de crecimiento laxo y horizontal (León, datos no publicados).

OBJETIVO

Este trabajo tiene como objetivo profundizar el conocimiento de la biología de *Erythrostemon angulatus*, poniendo el énfasis en la conducta germinativa y en el desarrollo de las plántulas, así como en la aplicación de técnicas de manejo de vivero de los ejes de crecimiento aéreo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante la temporada 2019-2020, se prospectaron distintos sectores de la región en busca de poblaciones de la especie, para ello se seleccionaron tres sitios, los tres ubicados en la zona semiárida costera de la comuna de Coquimbo (30°15'S-71°23'O), a 116 m de altitud, a 35 km al sur de la ciudad de Coquimbo (Figuras 1 y 2). Las precipitaciones durante esos años tuvieron lugar con diferentes niveles de magnitud en invierno, con un promedio anual de 50 mm. De acuerdo con datos de estaciones meteorológicas cercanas, la temperatura anual promedio del

área es de 14,3°; el promedio de los meses de invierno alcanza a los 11,5°C y las máximas en verano, a los 28,4°C (www.ceazamet.cl).

En los sitios *Erythrostemon angulatus* forma una comunidad con especies tales como *Haplopappus parvifolius* (DC.) Gay, *Chorizanthe frankenioides* J. Remy, *Ephedra gracilis* Phil. Ex Stapf y la exótica asilvestrada, *Galenia secunda* (L.F.) Sonder.

En cada sitio se estimó la cobertura de la especie usando cuatro categorías (baja: 0-25 %, intermedia: 25-50 %, relativamente alta: 50-75 % y alta: 75-100 %) y se registró la presencia o la ausencia de actividades humanas usando como indicadores la habilitación de caminos o senderos, el ganado doméstico y la basura dentro o aledaña al sitio.

Dichos sitios fueron visitados regularmente hasta que los frutos de *E. angulatus* estuvieron maduros (Figura 2); para su recolección se siguió el protocolo de colecta del Banco Base de Semillas (BBS) (Gold *et al.*, 2004) del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) el que describe, entre otros aspectos, la evaluación de la población de la especie para cotejar el número total de plantas adultas a muestrear, al mismo tiempo, lograr una representatividad adecuada de su diversidad genética. Para *Erythrostemon angulatus*, en particular, los frutos se obtuvieron de un modo directo y aleatorio de la planta usando para ello pequeñas bolsas de género con las que se envolvieron los frutos en estado inmaduro (verde). Este procedimiento fue necesario debido a que la especie produce frutos dehiscentes los que en su estado de madurez se abren para dispersar rápidamente sus semillas. Estando envueltas, las semillas quedaron depositadas en el interior de la bolsa. Los frutos y las semillas fueron sometidos a un proceso de limpieza manual para eliminar material vegetal grueso para luego someter la muestra a un separador gravitacional (*Selecta Machinefabriek ZZ-1*) para los residuos más finos en la sala de procesamiento de BBS. Al finalizar este proceso, se contabilizó el número total de semillas recolectadas para cada sitio. Una muestra de semillas de cada sitio fue usada para evaluar su conducta germinativa. Las accesiones se identificaron como INTER 309 (ruta 5 norte, Km 426 sector Tongoy - Guanaqueros), INTER 310 (Las Tacas, sector pista de aterrizaje) e INTER 313 (sur de Tongoycillo) (Figura 3).

Figura 2. A) Población de *Erythrostemon angulatus*, sector Tongoycillo (comuna de Coquimbo). B) Hojas biyugas con folíolos pinnados. C) Racimo floral. D) Frutos inmaduros y E) Fruto (legumbre) exhibiendo madurez avanzada y semillas en dispersión (Fotografías: Eric Ibacache)

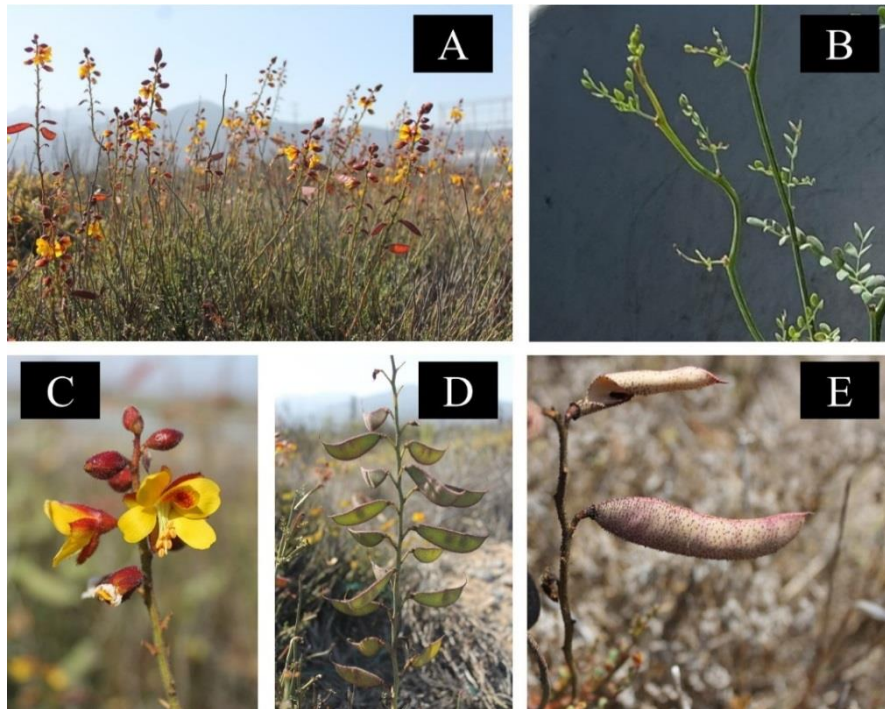
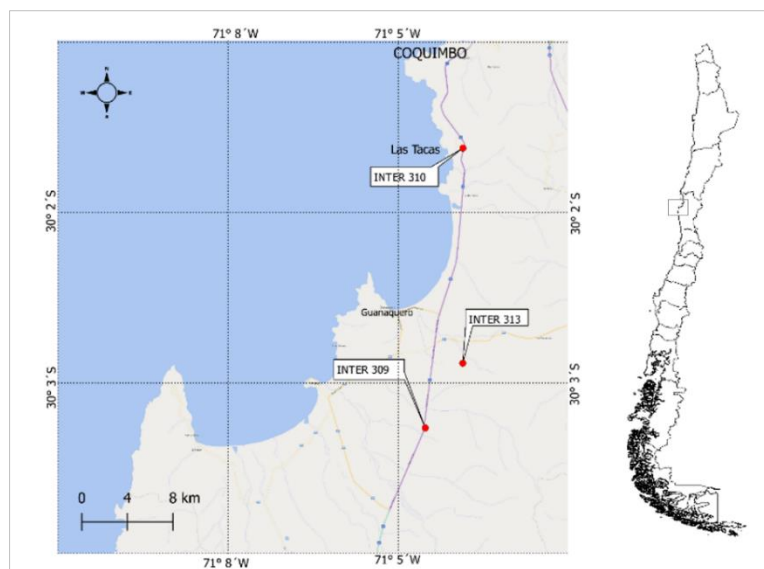


Figura 3. Mapa con la distribución de los sitios de colección de semillas de *Erythrostemon angulatus*. Elaboración: Eric Ibacache.



2. Semillas. Para la caracterización morfológica de las semillas se usaron las tres accesiones. Los parámetros medidos fueron el tamaño, el peso, el color y la forma. El tamaño promedio se obtuvo usando 50 semillas y midiendo en cada una el diámetro con un pie de metro digital ($\pm 0,1$ mm). El peso se obtuvo usando 10 submuestras de 100 semillas cada una que fueron medidos en una balanza digital ($\pm 0,0001$ g). El color y la forma de las semillas se obtuvo usando una carta descriptora de colores diseñada por la Royal Horticultural Society de Reino Unido (2015, www.rhs.org.uk).

Para describir el tiempo en que transcurre la germinación de *Erythrostemon angulatus*, las tres accesiones fueron evaluadas en ensayos independientes con tres a cinco réplicas de cinco semillas cada una. Las semillas fueron sembradas en placas Petri, sobre un medio de agar-agar (1 %), y mantenidas en una cámara de crecimiento (*Binder KBWF-240*) a 20 °C, 75% de humedad relativa y 12/12 horas de fotoperiodo. Previo a la siembra, las semillas se sometieron a un lavado con agua destilada con el objetivo de eliminar impurezas en la cubierta de las semillas.

3. Plántulas; para este ensayo solo se utilizaron las semillas obtenidas en la localidad de Las Tacas. Estas fueron sembradas en contenedores de 1,2 litros con un sustrato cuya composición incluyó

90 % de tierra de hoja comercial y 10% de arena de 1,7 mm de diámetro mínimo. Se sembró una semilla en cada contenedor, produciéndose 70 plantas. El sustrato se mantuvo siempre húmedo debido a que las plántulas recibieron dos riegos manuales por semana. Durante este período las plántulas no fueron afectadas por plagas agrícolas y tampoco hubo detección de síntomas por deficiencia de nutrientes por lo que, a simple vista, no hubo factores bióticos y abióticos que alteraran su crecimiento ni su desarrollo.

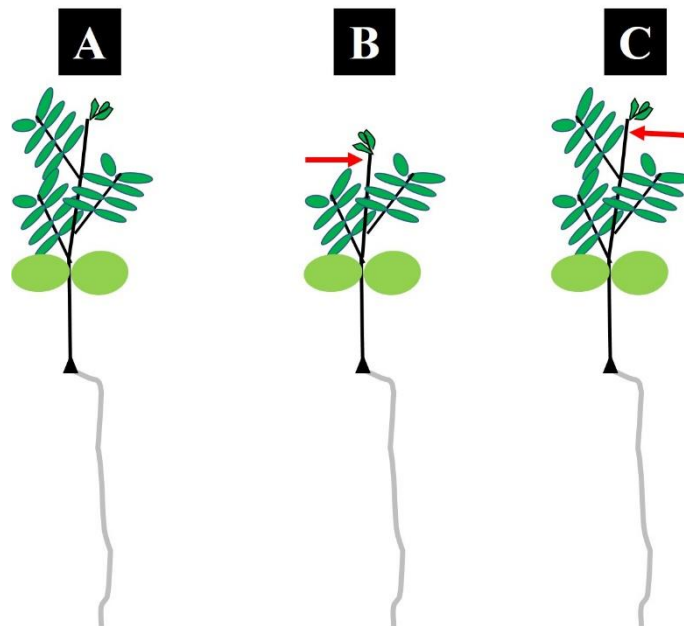
Para evaluar los estados iniciales de *Erythrostemon angulatus*, se monitorearon 30 de los contenedores sembrados, con el objetivo de describir el tiempo en que transcurre el evento de emergencia del eje aéreo y la formación de la primera hoja verdadera. La evaluación de los estadios se inició desde la siembra hasta la formación de la primera hoja verdadera. Cada tres a cinco días, se describió el crecimiento y el desarrollo de las plántulas, para determinar la cantidad de días que se requieren para que emerja el 50% de las plántulas.

Para evaluar el manejo de los ejes aéreos de las plántulas en un estado de desarrollo temprano de la especie también se utilizó una submuestra de 30 plántulas; éstas tenían treinta días de edad y se caracterizaban por exhibir un eje aéreo principal, una a tres hojas verdaderas en formación, cotiledones verdes engrosados y una altura promedio de 9,9 ($\pm 0,28$) cm. Los tratamientos consistieron en la remoción de la porción apical por la acción de una poda simple (Figura 4). En 10 plántulas se hizo una poda del eje aéreo removiendo la porción apical por sobre la segunda hoja verdadera en formación (desde ahora tratamiento “plantas con dos hojas”). Para el segundo tratamiento, se removió la porción apical por sobre la tercera hoja verdadera en formación

(desde ahora tratamiento “plantas con tres hojas”). El último set de plántulas fue dejado sin modificaciones y utilizado como tratamiento control (Figura 4). El crecimiento y desarrollo de las plántulas fue monitoreado en los mesones de producción ubicados a pleno sol, en ausencia de efecto sombra, en la unidad de propagación de plantas nativas del BBS de INIA Intihuasi. En cada plántula se midió su altura inicial y posteriormente, a los 85 días después de iniciado el experimento, se midió nuevamente la altura de la planta juvenil. La diferencia entre los dos valores medidos constituyó el crecimiento de cada ejemplar. Se contabilizó además el número de brotes nuevos producidos por cada planta. La evaluación del crecimiento y desarrollo, en particular, la variable producción de brotes nuevos de las plantas a los 85 días, se analizó usando un modelo lineal generalizado. Cuando los promedios presentaron diferencias significativas se usó test de Tukey para establecer el tratamiento que las generaba. Para el análisis estadístico se usó el software R v.3.3.1 (R *Development Core Team* 2016).

Figura 4. Tratamientos de remoción de porción apical de eje aéreo plántulas de *Erythrostemon angulatus*. A) control sin remoción. B) Remoción dejando dos yemas foliares (“tratamiento dos hojas”). C) Remoción dejando tres yemas foliares (“tratamiento tres hojas”).

La flecha roja indica la posición del corte realizado con tijera. Diseño de la imagen: Mario León.



RESULTADOS

1. Hábitat. Las semillas de las accesiones INTER 309, INTER 310 e INTER 313 se recolectaron en fragmentos de poblaciones que crecen en propiedades privadas. El número de plantas evaluadas para la recolección fue de 25 plantas adultas en los sitios Tongoycillo y Ruta 5 Norte y < 25 plantas en Las Tacas cuyo fragmento se encuentra aledaño a pista de aterrizaje del balneario. La presencia de actividades humanas fue evidente en los tres sitios. En el sitio de Tongoycillo se observó ganado caprino que consumía brotes y flores; en los tres sitios se observó la habilitación de huellas de vehículos y senderos para el tránsito de personas; finalmente, en el sitio “Ruta 5 Norte”, en los espacios abiertos había basura, plástico, vidrio, papel y residuos orgánicos, tanto bajo como sobre el dosel de las plantas (Tabla 2). Los tres sitios son de propiedad privada.

Tabla 2. Caracterización de los sitios donde se coleccionaron las semillas de *Erythrostemon angulatus* en el período 2019-2020.

Sitio	Accesión	Nº de semillas recolectadas	Cobertura (%) de la especie en el sitio	Presencia de actividades humanas	Superficie(m ²)
Ruta 5 Norte	INTER 309	722	10 (bajo)	Caminos y basura	1000
Las Tacas	INTER 310	986	15 (bajo)	Caminos y senderos	6000
Tongoycillo	INTER 313	923	25 (intermedio)	Caminos, y ganado caprino	12000

2. Semillas. El tamaño de las semillas fue de $6,4 \pm 0,1$ mm mientras que el peso fue de $10,0 \pm 0,19$ g. El color de las semillas varió desde los tonos grisáceos hasta púrpura a rojo oscuro. La forma de las semillas tendió a una configuración lenticulada, aplanada aunque algo irregular, tendiendo de redondeada, a acorazonada o triangular (Figura 5A). Pasados once días en condiciones de laboratorio, las tres accesiones alcanzaron un promedio de 92,9% de germinación INTER 310 e INTER 313, registraron un 96,0 %, en tanto que INTER 309, solo a un 86,6 %; el 50 % de la germinación en las tres accesiones tuvo lugar en el rango de tres a cinco días (Figuras 5B y 6).

Figura 5. Semillas de *Erythrostemon angulatus*. A) Previo al remojo. B) Semillas germinadas después de cinco días de haber sido sembradas en condiciones de laboratorio. Fotografías: Mario León.

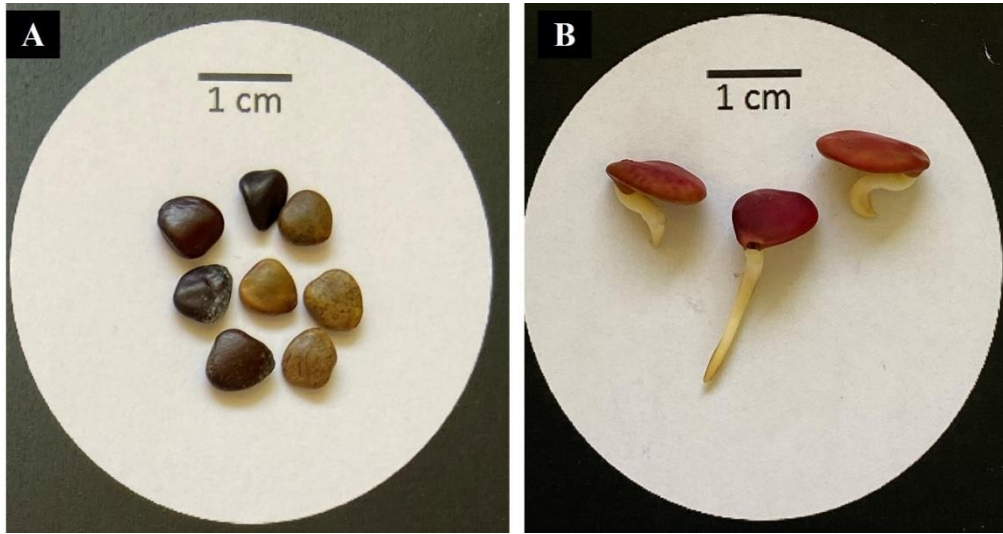
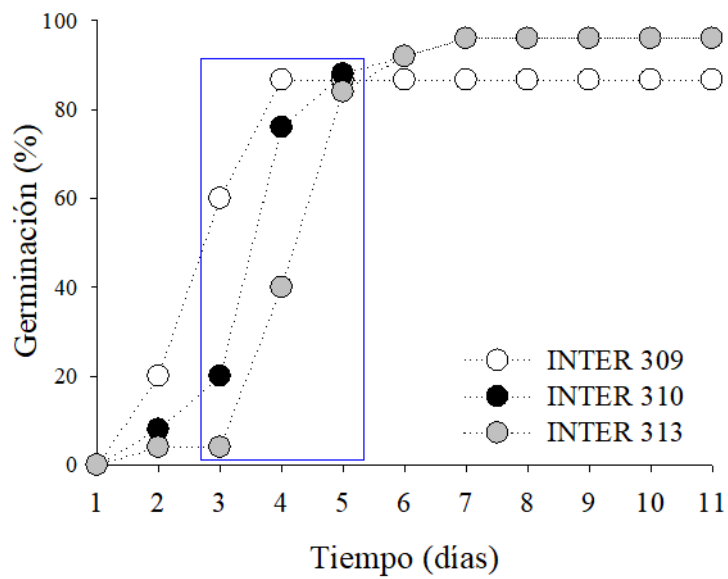


Figura 6. Curvas de germinación acumulada de semillas de las tres accesiones de *Erythrostemon angulatus* en condiciones de laboratorio. El recuadro azul indica el período en el que se alcanzó la máxima germinación para cada accesión.



3. Plántulas. En relación con los estados iniciales de *Erythrostemon angulatus*, la expansión completa de los cotiledones en casi el 80 % de las plántulas se logró 18 días después de haber sido sembradas las semillas (Figuras 7 y 8). El monitoreo de las plántulas mostró que la formación de la primera hoja verdadera, en más de 80 % de las plántulas, sucedió en un periodo de 18 a 24 días (Figuras 7 y 8). En esta fenofase, la longitud promedio de la radícula fue de 11,1 cm (Figura 8 B).

En relación con la necesidad de manejo aéreo de las plantas dirigido a evitar el crecimiento horizontal en estadios juveniles (Figura 9), la evaluación después de 85 días mostró en las plantas juveniles sometidas a la poda una altura significativamente menor de su eje aéreo principal (< 13 cm) si se comparaban con las plantas control ($21,3 \pm 1,42$ cm) ($\chi^2 = 288,44$; $p < 0,0001$) (Figura 10). En efecto, el crecimiento fue casi un 50% menor en los tratamientos “plantas con dos hojas” ($\Delta = 4,2 \pm 0,78$) y “plantas con tres hojas” ($\Delta = 5,2 \pm 0,71$) que lo registrado en las plantas control ($\Delta = 10,8 \pm 1,28$). El número de brotes generado fue más alto en el tratamiento “plantas con tres hojas” que en las plantas control, no obstante, estas diferencias no fueron significativas ($\chi^2 = 95,5$; $p = 0,1166$) (Figura 10). Un aspecto distintivo de los brotes nuevos en los tratamientos donde se realizó la remoción de la porción apical de las plántulas, fue la orientación de su crecimiento, el que fue vigorosamente vertical en relación con el de las plantas control las que tal como se ha observado en la producción en vivero, tendieron a presentar un crecimiento laxo, desordenado y horizontal (Figura 11).

Figura 7. Desarrollo de las fenofases de *Erythrostemon angulatus* observadas en plántulas que crecían en contenedores.

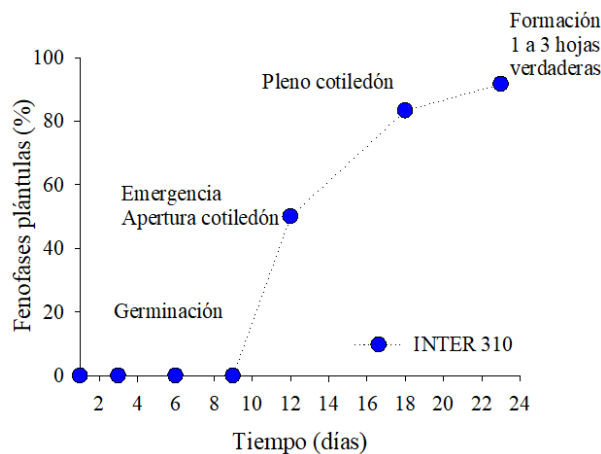


Figura 8. Plántulas de *Erythrostemon angulatus*. A) Estadio inicial de una plántula creciendo en contenedor. La flecha celeste indica los cotiledones y la flecha blanca, la primera hoja verdadera. B) El mismo estadio con la plántula mostrando su estructura radicular. Fotografías: Mario León.

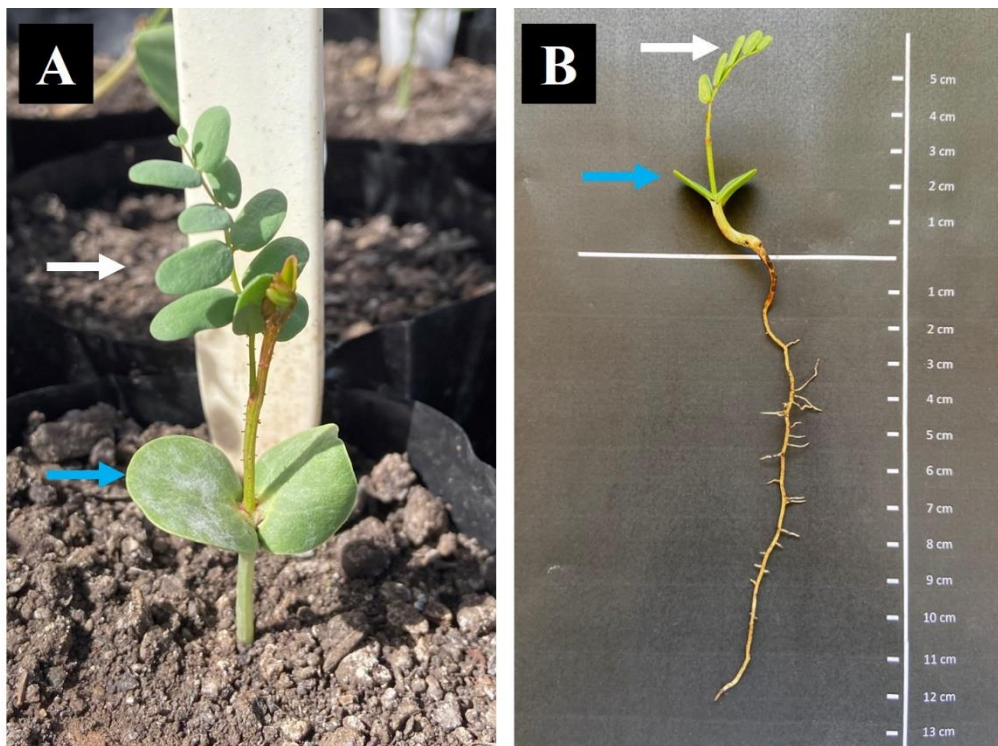


Figura 9. Fotos superiores, plantas de cuatro meses de edad de *Erythrostemon angulatus*, mostrando el crecimiento aéreo no uniforme, con múltiples reiteraciones e inicio del entrecruzamiento de los ejes aéreos entre plantas vecinas (círculo blanco). A) Vista lateral y B) Vista desde arriba. Fotos inferiores, crecimiento aéreo en una planta juvenil de ocho meses de edad. C) crecimiento aéreo con ejes horizontales y D) crecimiento aéreo con ejes en el suelo. Fotografías: Mario León.



Figura 10. Altura y producción de brotes nuevos en plantas de 85 días de desarrollo de *Erythrostemon angulatus* sometidas a podas aéreas de su eje principal.

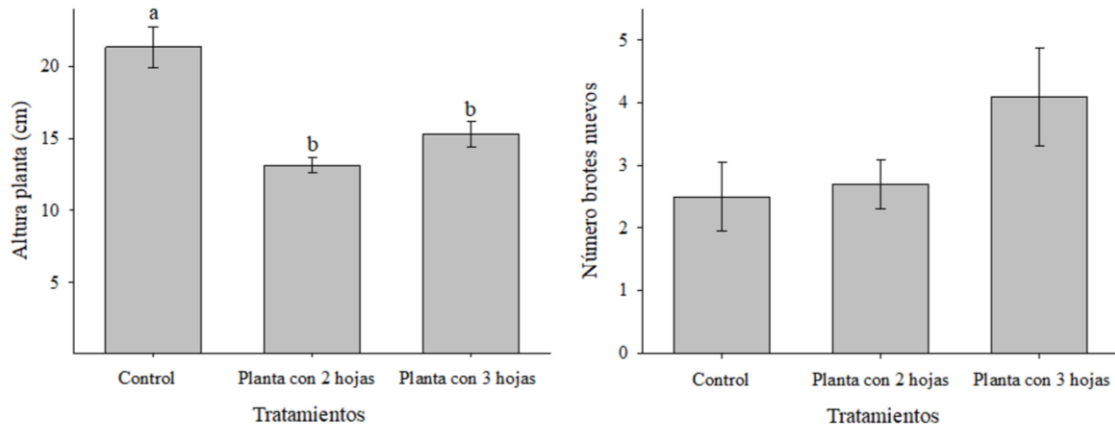
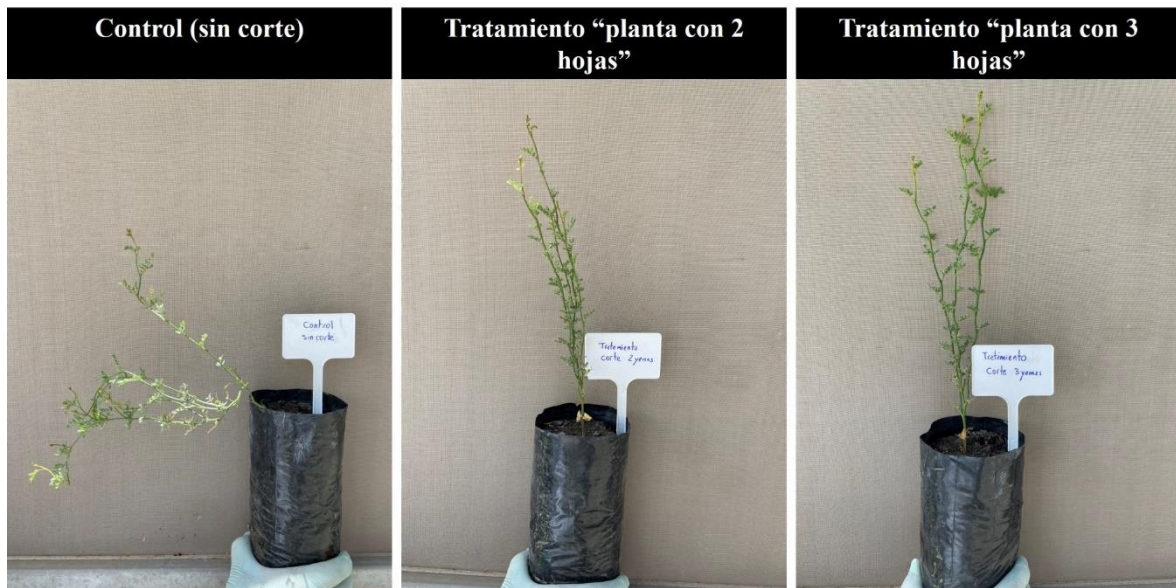


Figura 11. Plantas de *Erythrostemon angulatus* de 85 días después de haber sido sometidas a la remoción de la porción apical cuando éstas habían recién formado dos y tres hojas verdaderas.

Fotografías: Mario León.



DISCUSIÓN

Las semillas de las tres accesiones de *Erythrostemon angulatus* se utilizaron para profundizar el conocimiento de algunos aspectos de los estados iniciales de su desarrollo. Además del gran tamaño y peso de las semillas, también fue destacable la rápida germinación, > 50% en cinco días, y el desarrollo de las plántulas con su primera hoja verdadera después de 24 días. Esta rápida germinación representa una ventaja para el reclutamiento de la especie, sería posible esperar entonces que la generación de nuevos ejemplares tenga lugar a una alta tasa, sin embargo, como es conocido en los sistemas áridos y semiáridos de Chile, los períodos de

precipitaciones son breves e infrecuentes (Holmgren *et al.*, 2001) y su ausencia es descrita como una limitante para la regeneración de las poblaciones de arbustos (Squeo *et al.*, 2007, Gutiérrez *et al.*, 2007).

El rápido crecimiento de la radícula de las plántulas de *Erythrostemon angulatus* refuerza la idea de la urgencia de por alcanzar estratos más húmedos del suelo. Su raíz pivotante alcanzó una longitud mayor a 10 cm en 24 días. En un estudio análogo León *et al.*, (2017) describieron, tanto en condiciones controladas en laboratorio como en experimentos de campo, un patrón similar en el arbusto endémico *Balsamocarpon brevifolium* encontrando que las plántulas lograban una longitud de 19-20 cm en un lapso de 60 días. Una cuantificación de la regeneración natural de la *Erythrostemon angulatus* en los sitios de estudio en una temporada post lluvia podrían confirmar la aparición y sobrevivencia de reclutas.

El crecimiento aéreo desmesurado en condiciones de vivero no es deseable en términos del manejo y la producción de plantas. Respecto al crecimiento y al desarrollo de las plántulas de *Erythrostemon angulatus* se ha observado que sus ejes aéreos crecen desmesuradamente y en forma decumbente (horizontal), produciendo éstos, al mismo tiempo, numerosas reiteraciones, cuyo crecimiento configura, más tarde, una arquitectura aérea muy laxa y sin un patrón de ramificación bien definido. La remoción experimental de la porción apical del eje aéreo en plántulas de dos o tres hojas (25 a 35 días) mostró un cambio en los incrementos de crecimiento de casi un 50% entre las plántulas después de 85 días, pero la producción de reiteraciones no fue inhibida y, al contrario, fue similar entre las plántulas de los tratamientos y el control. Esto produjo un efecto positivo en el manejo debido a que se controló el crecimiento sobredimensionado de los ejes aéreos y se promovió la producción de brotes nuevos y vigorosos que crecían en posición vertical. En relación con el cuidado de las plantas, este manejo además promueve la reducción de daño físico ya que las ramas de una planta no se entrecruzan con las de las otras plantas cuando tienen que ser separadas. Este manejo podría reducir, además, las plagas y enfermedades debido a que se reducen las posibles zonas de refugio que se producen cuando las ramas se mantienen en posición horizontal.

A partir de lo observado en relación con la conservación de los ambientes donde se estudió esta especie concordamos con Squeo *et al.* en su propuesta de la categoría de vulnerable al nivel regional en Coquimbo; y se espera que sea categorizada al nivel nacional por el MMA. Desde la perspectiva de su conservación *ex situ*, el BBS mantiene en su colección resguardo de semillas de solo dos accesiones regionales, BB106, de la comuna de Vicuña y ADB22, de la de La Higuera, ambas de la Región de Coquimbo; esto demanda incrementar los esfuerzos para aumentar el número de accesiones para su resguardo. Si el impacto de acciones humanas está vigente en los fragmentos poblacionales y las acciones de conservación no se estimulan con prontitud, cabe esperar un escenario futuro en que la especie requiera un mayor nivel de protección en su hábitat.

AGRADECIMIENTOS

La investigación presente es parte del plan de trabajo del contrato de asesoría especializada en propagación, difusión y mantención de doce especies de plantas perennes endémicas entre Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) e Isa Interchile. Agradecemos la asistencia técnica de Brayan Galleguillos en el estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARANCIO, G., M. MUÑOZ & F.A. SQUEO. 2001. Descripción de algunas especies con problemas de conservación en la IV Región de Coquimbo, Chile. En: FA Squeo, G Arancio & JR Gutiérrez (eds.) Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo, pp. 63-103. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile.
- ESPEJO, M.J., M.F. LEÓN, J. NAVARRO, M. ACOSTA & G. MUNDACA. 2018. De semilla a plántula, caracterización de estadios iniciales en arbustos nativos del semiárido de Chile. *Chloris Chilensis* Año 21 N° 2. URL: <http://www.chlorischile.cl>.
- FAÚNDEZ L., FAÚNDEZ A., FLORES R. & BOBADILLA P. 2017. Guía de Reconocimiento Especies Dominantes de la Vegetación Región de Coquimbo. CONAF-BIOTA- GEF/SIMEF. Santiago, Chile. 252 pp.
- GAGNON E, BRUNEAU A, HUGHES CE, DE QUEIROZ LP, LEWIS GP (2016) A new generic system for the pantropical Caesalpinia group (Leguminosae). *PhytoKeys* 71: 1-160. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.71.9203>
- GOLD, K., P. LEÓN-LOBOS & M. WAY. 2004. Manual de recolección de semillas de plantas silvestres para conservación a largo plazo y restauración ecológica. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de investigación Intihuasi, La Serena, Chile. Boletín INIA N° 110, 62 pp.
- GUTIÉRREZ, J.R., M. HOLMGREN, R. MANRIQUE & F.A. SQUEO. 2007. Reduced herbivore pressure under rainy ENSO conditions could facilitate dryland reforestation. *Journal of Arid Environments* 68: 322-330.
- GUTIÉRREZ, B., S. GACITÚA, S. PERRET, A. SANDOVAL & M. CURIMIL. 2013. Propagación de especies forestales nativas de las zonas áridas y semiáridas de Chile. Manual N°47 INFOR. 142 pp.
- HAUTIER, Y., D. TILMAN, F. ISBELL, E.W. SEABLOOM, E.T. BORER & P.B. REICH. 2015. Anthropogenic environmental changes affect Ecosystem stability via biodiversity. *Science* 348:336-340.
- HOLMGREN, M., M. SCHEFFER, E. EZCURRA, J.R. GUTIERREZ & G.M.J. MOHREN. 2001. El Niño effects on the dynamics of terrestrial ecosystems. *Trends Ecology & Evolution*

16: 89-94.

JORQUERA-JARAMILLO, C., J.M. ALONSO VEGA, J. ABURTO, K. MARTÍNEZ-TILLERÍA, M.F. LEÓN, M.A. PÉREZ, C.F. GAYMER & F.A. SQUEO. 2012. Conservación de la biodiversidad en Chile: Nuevos desafíos y oportunidades en ecosistemas terrestres y marinos costeros. *Revista Chilena Historia Natural* 85: 267-280.

LEÓN, M.F., E. IBACACHE, J. NAVARRO & P. LEÓN. 2017. Regeneración natural de *Balsamocarpon brevifolium* (algarrobilla), la vida se abre paso en el semiárido de Chile. *Chloris Chilensis* Año 20 N°2. URL: <http://www.chlorischile.cl>.

LEÓN, M.F., S.I. SILVA, A. SANDOVAL, I. ARACENA, F. QUIÑONES & P. LEÓN-LOBOS. 2017. El manejo del suelo salino usando arena afecta el crecimiento de raíces y la sobrevivencia de plántulas de *Prosopis tamarugo* Phil. (Fabaceae). *Gayana Botánica* 74 (1): 86-94.

LEÓN, M.F., S.I. SILVA, E. IBACACHE, I. ARACENA, F. QUIÑONES & P. LEÓN. 2018. Manejo de la salinidad del suelo en plantaciones de *Prosopis tamarugo* Phil en la Pampa del Tamarugal. *Chile Forestal*, Documento técnico 238: 1-14.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. 2005. Ecosystems and human well-being: desertification synthesis. World Resources Institute, Washington, DC.

MOTOKI, T., E. WILLIAMS, J. SCHENK, M. ALVARADO & M. GREAU. 1998. Monografías de especies para la forestación en la zona semiárida de Chile. Proyecto Cuencas Conaf-JICA. Control de Erosión y Forestación en Cuencas Hidrográficas de la Zona Semiárida de Chile. Santiago. 52 pp.

ORTIZ GARMENDIA, J. 1943. La algarrobilla, valioso arbusto industrial de la región norte. *Simiente* 13 (1): 36-39.

PIMM, S.L., G.J. RUSSELL, J.L. GITTLEMAN & T.M. BROOKS. 1995. The future of biodiversity. *Science* 269: 347-350.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for statistical computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

RODRÍGUEZ, R., C. MARTICORENA, D. ALARCÓN, C. BAEZA, L. CAVIERES, V.L. FINOT, N. FUENTES, A. KIESSLING, M. MIHOC, A. PAUCHARD, E. RUIZ, P. SANCHEZ & A. MARTICORENA. 2018. Catálogo de las plantas vasculares de Chile. *Gayana Bot.* 75(1): 1-430.

SQUEO, F.A., G. ARANCIO & J.R. GUTIERREZ. 2001. Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile. 361 pp.

León, M. F. *et al.* *Erythrostemon angulatus*,
germinación, plántulas y crecimiento temprano.

Chloris Chilensis 24 (2): 48-66. 2021.

SQUEO, F.A., G. ARANCIO & J.R. GUTIÉRREZ. 2008. Libro rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación: Región de Atacama. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena. 456 pp.

SQUEO, F.A., M. HOLMGREN, M. JIMÉNEZ, L. ALBÁN, J. REYES & J.R. GUTIÉRREZ. 2007. Tree establishment along an ENSO experimental gradient in the Atacama desert. *Journal of Vegetation Science* 18, 195-202.

ULIBARRI, E.A. 1996. Sinopsis de *Caesalpinia* y *Hoffmannseggia* (Leguminosae-Caesalpinioideae) de Sudamérica. *Darwiniana* 34 (1-4): 299-348.

WRANN, J. & Y. BARROS. 1987. Ensayos de reforestación por siembra directa con algarrobilla (*Balsamocarpon brevifolium* Clos) en la zona de Vallenar. *Ciencia e Investigación Forestal* 1 (2): 45-55.

Citar este artículo como:

León, M.F., E. Ibacache, A. C. Sandoval, C. Pañitrur, M. J. Espejo, G. Mundaca, M. Acosta & J. Navarro. 2021. Germinación, estadios de plántulas y manejo del crecimiento aéreo temprano en el arbusto endémico *Erythrostemon angulatus* (Hook. & Arn.) E. Gagnon & G. P. Lewis. *Chloris Chilensis*. Año 24. N° 2. 48-66. URL: www.chlorischile.cl.
