



Propuesta de restauración ecológica del bosque de *Amburana cearensis* (Allemao) A.C. Sm. en la Sierra de Tartagal, Salta-Argentina

*Proposal of ecological restoration of Amburana cearensis (Allemao) A.C. Sm. forest
in the Sierra de Tartagal, Salta-Argentina*

MARÍA SOLEDAD VILLALBA^{1,2*}, GABRIELA S. ENTROCASSI¹
Y EDUARDO MARTÍNEZ CARRETERO³

¹ Centro de Investigaciones y Estudios en Diversidad Vegetal (CIEDIVE), Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy

² Instituto de Ecorregiones Andinas (CONICET- UNJU)

³ Geobotánica y Fitogeografía (IADIZA-CONICET)

*<chole92cqc@gmail.com>

RESUMEN

En el presente trabajo se proponen estrategias de restauración del bosque de *Amburana cearensis* (Allemao) A.C. Sm. (roble criollo) ubicado en la sierra de Tartagal (Salta, Argentina) mediante la implementación y adecuación de técnicas de regeneración natural asistida. *Amburana cearensis* es una especie de valiosa madera categorizada en peligro de extinción. Las estrategias y técnicas diseñadas surgen del estudio florístico realizado a nivel de comunidad, donde se determinó la composición florística del bosque, el número de especies, su abundancia y densidad. Las estrategias propuestas en este trabajo podrían ser replicadas en otras áreas del extremo norte argentino que albergan bosques de *A. cearensis* en similares condiciones de vulnerabilidad.

SUMMARY

This paper proposes restoration strategies for the Amburana cearensis (Allemao) A.C. Sm. ("roble criollo") located in the Sierra de Tartagal (Salta, Argentina) through the implementation and adaptation of assisted natural regeneration techniques. Amburana cearensis is a valuable timber species categorized as endangered. The strategies and techniques designed arise from the floristic study carried out at the community level, where the floristic composition of the forest, the number of species, their abundance and density were determined. The strategies proposed in this work could be replicated in other areas of northern Argentina that harbor A. cearensis forests in similar conditions of vulnerability.

Palabras clave: bosque, roble criollo, composición, pautas de manejo

Keywords: forest, roble criollo, composition, management proposals



INTRODUCCIÓN

Amburana cearensis (Allemao) A.C. Sm.M. es una especie arbórea perteneciente a la familia de las fabáceas. Se caracteriza por su gran porte al estado adulto, copa delicada, tronco recto y corteza dorada que se desprende en forma de hojas o placas delgadas. Crece en muy pocos sitios de la Selva Pedemontana en la provincia fitogeográfica de las Yungas; en Argentina solamente se encuentra en las provincias de Salta y Jujuy (Legname, 1982; Malizia et al., 2009). En Jujuy, donde la extracción está prohibida desde 1972 (Villanueva, 1981), existen pequeños enclaves de bosque en el departamento Ledesma y ejemplares protegidos en el Parque Nacional Calilegua. En Salta, según los datos reportados por Politi et al. (2014), la localidad de Piquirenda es la que alberga el mayor número de individuos de roble criollo, por lo que probablemente sería una de las últimas áreas en donde aún subsisten poblaciones de *A. cearensis* con un significativo número de individuos.

La importancia de implementar estrategias con el fin de preservar el bosque de *A. cearensis*, se fundamenta en:

- Representa una comunidad característica del piso de vegetación de Selva Pedemontana de la provincia fitogeográfica de las Yungas (Cabrerá, 1994). En la actualidad, el área de distribución de la Selva Pedemontana se encuentra en regresión y su biodiversidad en estado crítico, como consecuencia del avance de la frontera agrícola y la explotación forestal principalmente, sumados los efectos por el cambio climático.
- La comunidad se caracteriza por la abundancia de *A. cearensis*, especie arbórea que en Argentina se distribuye únicamente en las provincias de Salta y Jujuy, con pocas poblaciones de escasos individuos.
- *Amburana cearensis* es una especie categorizada en Peligro de Extinción por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). La baja densidad poblacional de *A. cearensis* se debe principalmente a la deforestación de su ambiente natural y a la explotación de la que es objeto esta especie, sumado a su lento crecimiento y que alcanza su etapa reproductiva cuando adquiere un DAP > 60 cm (Malizia et al., 2009; Calzón & Giménez, 2011; Politi et al., 2014).
- La composición florística de la comunidad incluye también otras arbóreas de importancia biológica y biogeográfica, endémicas de las Yungas, que tienen su límite de distribución austral en la sierra de Tartagal.
- El bosque está sujeto a disturbios antrópicos que afectan su composición florística, estructura, diversidad y dinámica, alterando su regeneración natural debido a la merma o desaparición de los bancos de semillas y plántulas de las especies que lo componen. Entre los principales disturbios se encuentran la extracción selectiva de maderas de valor económico (especialmente ejemplares de *A. cearensis*), la ganadería trashumante, la extracción de leña y la expansión urbana.
- Está sujeto también a disturbios como incendios y deslizamientos de laderas, estos últimos provocados principalmente por la deforestación, las elevadas precipitaciones que acontecen en la época estival y los procesos erosivos derivados, que provocan pérdidas de nutrientes y materia orgánica, de la ac-

tividad biológica, productividad y capacidad de retención de agua (Vallejo et al., 2011).

La restauración del bosque resulta de la necesidad inmediata para preservar las especies y comunidades representativas de la Selva Pedemontana de un sector de las Yungas argentinas.

El objetivo del presente trabajo es proponer y programar un conjunto de estrategias para la restauración ecológica del bosque de *A. cearensis* de la sierra de Tartagal, mediante la implementación y adecuación de técnicas de regeneración natural asistida.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El bosque de *A. cearensis* estudiado se sitúa en la localidad de Piquirenda, departamento General San Martín (provincia de Salta). Está ubicado sobre la ladera oriental de la sierra de Tartagal o Aguaragüe, cordón montañoso que forma parte de la provincia geológica de las Sierras Subandinas (Ramos, 1999) y que colinda hacia el E con la Llanura Chaqueña (Figura 1).

El clima del área es subtropical, con marcada estacionalidad seca entre los meses de junio y noviembre. Las precipitaciones son de tipo orográfico y de régimen monzónico, característico de las Sierras Subandinas; las lluvias se concentran entre noviembre y marzo, con una media anual en la Selva Pedemontana de 600-1000 mm. Debido a la escasa altitud de la sierra de Tartagal, los valores de precipitación son relativamente bajos en las laderas orientales donde se localiza el bosque de *A. cearensis*, determinando

por lo tanto un ambiente más seco (Bianchi et al., 2005; Paolini et al., 2005; Mendoza & González, 2011).

Muestreo a campo

En el bosque bajo estudio se seleccionó un área homogénea desde el punto de vista florístico, fisonómico y ambiental y se estableció una unidad de muestreo (1000 m²) sobre el piedemonte serrano (645 m s.n.m.; 22°20'36.20"S-63°47'50.30"W), donde se relevaron todas las especies arbóreas con DAP superior a 5 cm y se registró la abundancia de cada especie (Matteuci & Colma, 1982; Navarro & Maldonado, 2002) (Figura 2).

Tratamiento de los datos

Todas las especies registradas en la unidad de muestreo fueron herborizadas, determinadas taxonómicamente y depositadas en el Centro de Investigaciones y Estudios en Diversidad Vegetal (CIEDIVE) (Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy). Se confeccionó un listado de especies con datos de abundancia, se determinó el número de familias presentes y se calculó la densidad de cada especie a partir del número de individuos contabilizados en la superficie muestreada (Matteuci & Colma, 1982). La propuesta de restauración se diseñó a partir del análisis de un conjunto de estrategias adaptadas de diversas fuentes (SER, 2004; Barrera Cataño & Valdés López, 2007; Meli & Carrasco Caballido, 2011; Vargas Ríos, 2011; Vargas Ríos et al., 2012; Aguirre et al., 2013; Cabrera & Ramírez, 2014; Keenleyside et al., 2014; Vanegas López, 2007).



Figura 1. Aspecto general del bosque de *A. cearensis* de la Sierra de Tartagal y detalle de la corteza de un ejemplar (Fotog.: M.S. Villalba & G.S. Entrocassi, 2019)

Figure 1. General aspect of A. cearensis forest in Sierra de Tartagal, and detail of the bark (Photog. M.S. Villalba & G.S. Entrocassi, 2019)

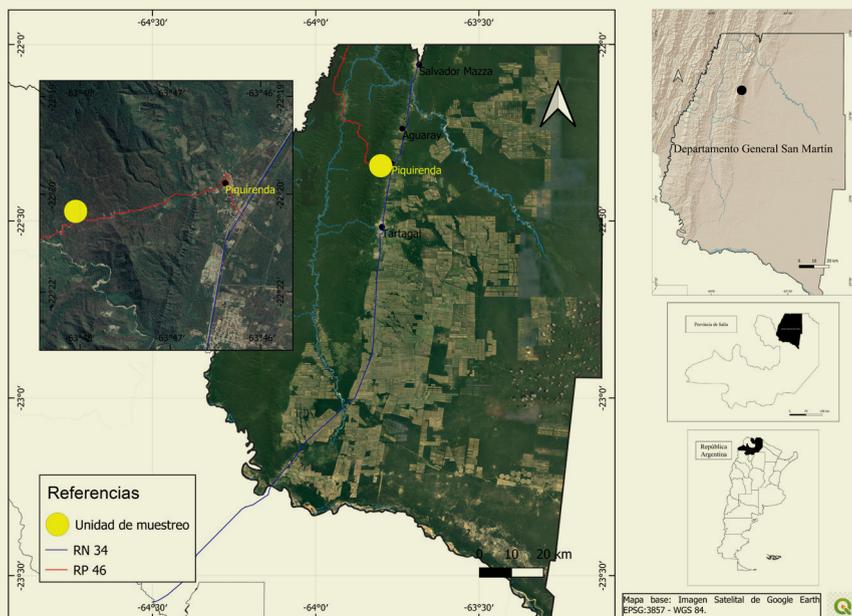


Figura 2. Ubicación de la unidad de muestreo en el bosque de *A. cearensis* de la sierra de Tartagal

Figure 2. Location of the survey area in the *A. cearensis* forest in Sierra de Tartagal

RESULTADOS

Caracterización del bosque de *A. cearensis*

Estructuralmente se trata de un mesobosque poco estratificado donde se contabilizaron 22 especies arbóreas y 339 individuos pertenecientes a 14 familias, de las cuales Fabaceae fue la más abundante (**Tabla 1, Figura 3**). Las especies dominantes son *A. cearensis* (roble criollo) y *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul (cebil colorado) (**Figura 4**), como acompañantes se destacan *Calycophyllum multiflorum* Griseb. (palo blanco) y *Eriotheca roseorum* (Cuatrec.) A. Robyns (simara). El estrato inferior forma un microbosque abierto de hasta 8 m de alto, caracteri-

zado por la abundancia de *Phyllostylon rhamnoides* (J. Poiss.) Taub. (palo amarillo), *Myracrodruom urundeuva* Allemão (urundel), *Cenostigma pluviosum* (DC.) E. Gagnon & G.P. Lewis (morochillo) y *Jatropha macrocarpa* Griseb., muchas de estas especies están sujetas a explotación con fines madereros. También se presentan en la comunidad algunas especies características del Bosque Chaqueño Xerófilo que ascienden a la serranía desde las áreas más bajas y secas, como *Libidibia paraguariensis* (D. Parodi) G.P. Lewis (guayacán), *Ceiba chodatii* (Hassl.) Ravenna (yuchán) y las cactáceas *Cereus forbesii* Otto ex C.F. Först. (ucle) y *Pereskia sacharosa* Griseb. (sacha rosa).

Se contabilizaron 58 individuos de *A. cearensis*, la mayoría de mediana en-

Tabla 1. Lista de especies arbóreas y abundancia registradas en la comunidad de *Amburana* de la Sierra de Tartagal

Table 1. Plant list of trees and their abundance recorded in the *Amburana* community in Sierra de Tartagal

Especies	Familia	Abundancia (N° de individuos)	Densidad (1000 m ² =0,01 ha)	Densidad (1ha)
1 <i>Achatocarpus praecox</i>	Achatocarpaceae	2	0.002	0.02
2 <i>Amburana ceaerensis</i>	Fabaceae	58	0.058	0.58
3 <i>Anadenanthera colubrina</i> var. <i>cebil</i>	Fabaceae	96	0.096	0.96
4 <i>Calycophyllum multiflorum</i>	Rubiaceae	17	0.017	0.17
5 <i>Ceiba chodatii</i>	Malvaceae	8	0.008	0.08
6 <i>Cenostigma pluviosum</i>	Fabaceae	20	0.02	0.2
7 <i>Cereus forbesii</i>	Cactaceae	1	0.001	0.01
8 <i>Cordia americana</i>	Boraginaceae	4	0.004	0.04
9 <i>Cordia saccelia</i>	Boraginaceae	1	0.001	0.01
10 <i>Coutarea hexandra</i>	Rubiaceae	3	0.003	0.03
11 <i>Eriotheca roseorum</i>	Malvaceae	18	0.018	0.18
12 <i>Hadroanthus impetiginosus</i>	Bignoniaceae	3	0.003	0.03
13 <i>Jatropha macrocarpa</i>	Euphorbiaceae	22	0.022	0.22
14 <i>Libidibia paraguariensis</i>	Fabaceae	4	0.004	0.04
15 <i>Maclura tinctoria</i>	Moraceae	1	0.001	0.01
16 <i>Myracrodruon urundeuva</i>	Anacardiaceae	24	0.024	0.24
17 <i>Ocotea porphyria</i>	Lauraceae	1	0.001	0.01
18 <i>Pereskia sacharosa</i>	Cactaceae	3	0.003	0.03
19 <i>Phyllostylon rhamnoides</i>	Ulmaceae	43	0.043	0.43
20 <i>Prockia crucis</i>	Salicaceae	1	0.001	0.01
21 <i>Ruprechtia apetala</i>	Polygonaceae	8	0.008	0.08
22 <i>Senegalia praecox</i>	Fabaceae	1	0.001	0.01
Número total de individuos		339		

vergadura (altura promedio=15 m) y algunos emergentes de mayor porte (hasta de 20 m), pero siempre con DAP inferior a 40 cm. Por debajo del estrato de árboles más altos se presentan ejemplares jóvenes con DAP inferior a 20 cm. La densidad de

A. cearensis en la unidad de muestreo fue de 0,058 individuos (0,58 individuos/ha) (Tabla 1, Figura 5). En esta comunidad se encuentran especies de elevado valor biológico y biogeográfico como *E. roseorum* y *C. pluviosum*, presentes únicamen-

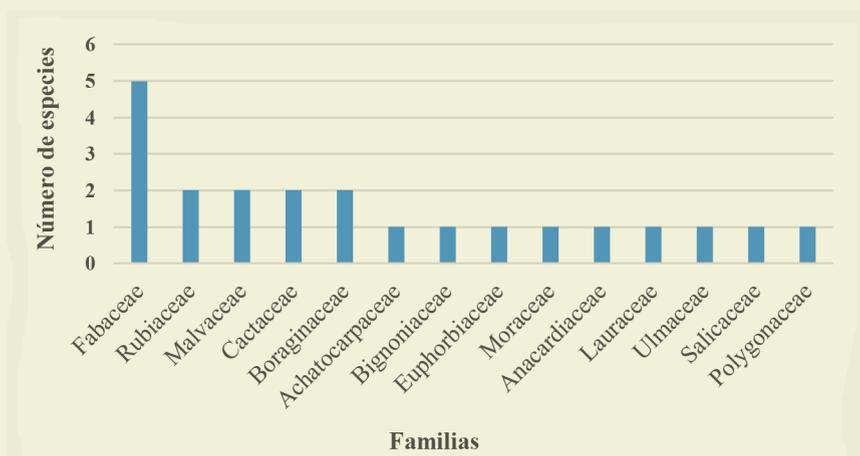


Figura 3. Familias y número de especies arbóreas registradas en la comunidad de *Amburana* de la sierra de Tartagal

Figure 3. Families and number of tree species recorded in the Amburana community in the Sierra de Tartagal

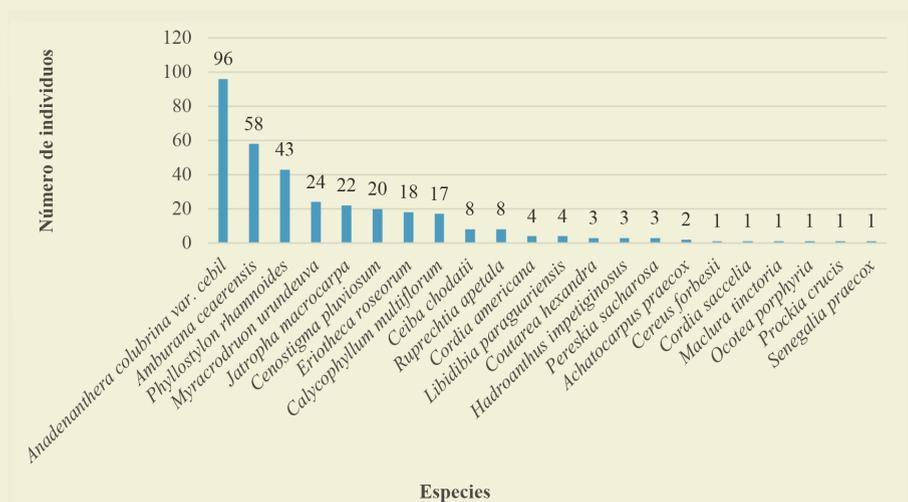


Figura 4. Abundancia de las especies arbóreas registradas en la comunidad de *Amburana* de la sierra de Tartagal

Figure 4. Abundance of tree species in the Amburana community in Sierra de Tartagal

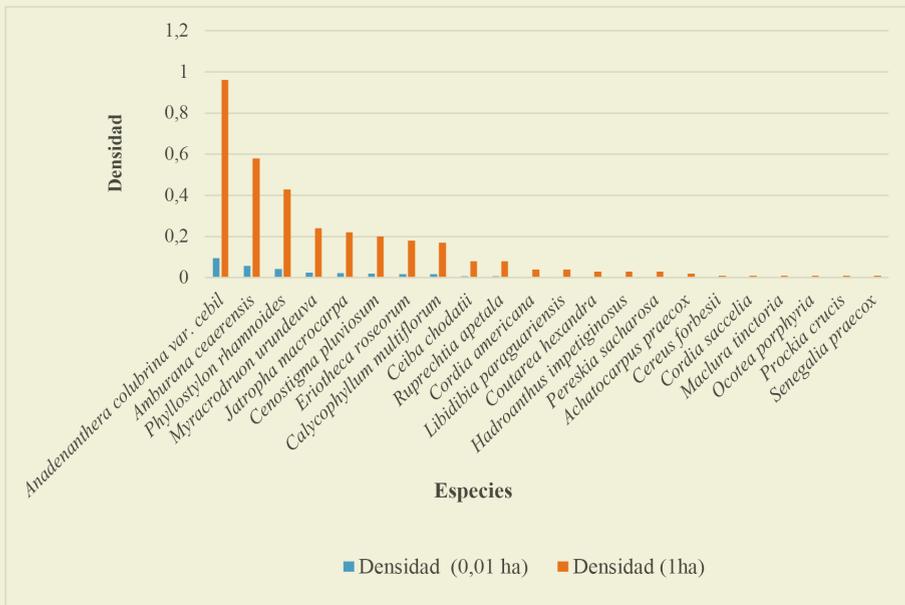


Figura 5. Densidad de las especies arbóreas registradas en la comunidad de Amburana de la sierra de Tartagal

Figure 5. Density of tree species recorded in Amburana community in Sierra de Tartagal

te en el departamento General San Martín, así como *Coutarea hexandra* (Jacq.) K. Schum. (dominguillo) que integra el sotobosque y fue registrada solamente en los Departamentos de Orán y General San Martín (www.floraargentina.edu.ar; www.gbif.org).

Dentro de las especies de valor forestal de las Yungas septentrionales argentinas, *A. cearensis* es la que tiene la menor área de distribución (1.732 km²) y su densidad varía entre 0.9 a 2 individuos/ha (Malizia et al., 2009; Calzón & Giménez, 2011; Politi et al., 2014). En la provincia de Salta la densidad de *A. cearensis* es de 5,15 individuos/ha y el 84 % de los individuos se encuentra en la localidad de Piquirenda (410 individuos en 34 ha)

(Politi et al., 2014). Los valores de densidad señalados por estos autores son superiores al estimado en el presente trabajo (0,58 individuos/ha), este resultado podría reflejar una disminución poblacional del roble criollo en la provincia de Salta en el año 2019 (fecha de nuestro relevamiento de campo), hecho que justificaría la implementación de medidas de restauración tendientes a proteger y conservar a esta especie y su ambiente en el área de estudio.

Propuesta metodológica para la restauración

Las estrategias que se proponen para la restauración del bosque de *A. cearensis* fueron estructuradas en tres fases que

consideran aspectos ecológicos, ambientales y sociales:

Fase I. Diagnóstico del área de estudio e inclusión de los actores sociales.

Fase II. Diseño e implementación de las herramientas para la restauración.

Fase III. Seguimiento y monitoreo del proceso de restauración.

Fase I: Diagnóstico del área de estudio e inclusión de los actores sociales

Comprende la caracterización ecológica y ambiental del bosque de *A. cearensis* a restaurar y la vinculación con diferentes actores sociales:

1. Caracterización ecológica y ambiental

Se analizarán las condiciones bióticas y abióticas del área mediante los siguientes estudios:

- Estudios físico-químicos y biológicos del suelo: pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nutrientes, textura, estructura, densidad aparente y capacidad de retención hídrica para conocer el estado actual del suelo y su grado de degradación y contaminación (Enriquez & Cremona, 2018).
- Estudios de vegetación mediante la instalación de una parcela permanente: para estimar la densidad de árboles por hectárea, área basal por hectárea, altura media, diámetro a la altura del pecho (DAP), diámetro medio cuadrático (DMC), frecuencia (FR), dominancia (DM), número de individuos por clases diamétricas, índice de valor de importancia (IVI), cobertura del dosel arbóreo, luminosidad relativa y cobertura del suelo (Matteucci & Colma, 1982; Wenzel & Hampel, 1998).

Asimismo, se analizará la autoecología de *A. cearensis* y de las principales especies acompañantes en cuanto a sus requerimientos microclimáticos de luz, temperatura y humedad y las formas de dispersión de sus frutos y semillas (anemocoria, zoocoria y autocoria). Estas herramientas también permitirán evaluar la dinámica del bosque durante y después de la restauración.

- Caracterización climática: para determinar los principales factores que influyen en la composición de especies y estructura del bosque.
- Estudio geomorfológico, hidrológico y topográfico: para analizar el flujo de agua superficial, tipos de pendientes, orientación y geoformas del terreno (Vargas et al., 2012).
- Definición de los disturbios:
 - Según su origen: se analizarán los disturbios de origen natural y antrópico.
 - Según su extensión: se analizará si el disturbio afecta solo al bosque estudiado o abarca mayores superficies de bosque nativo.
 - Según su frecuencia: raro, recurrente o continuo.

2. Vinculación con los actores sociales del área

Se llevará a cabo mediante la participación social, que es un eje fundamental en los trabajos de restauración de ecosistemas degradados, ya que las comunidades poseen conocimientos ecológicos que constituyen herramientas eficaces para la recuperación del ambiente (Calle et al., 2015). Además, esta participación permite entender el rol que cumple el bosque en la cultura local y garantiza la continuidad en el tiempo de las medidas

de restauración implementadas. Por otro lado, la vinculación con los actores locales constituye una fuente valiosa para obtener información histórica sobre el estado del bosque antes de su perturbación. Lograr que los pobladores se involucren en el proceso de restauración, sumado a la educación ambiental, permite la construcción social de una nueva visión de la naturaleza y la forma de relacionarse con ella (Lindig Cisneros, 2011). En este sentido, se prevé la implementación de talleres participativos comunitarios (Calderón Pimentel et al., 1999-2000) con el propósito de incluir a los miembros de las comunidades locales (pobladores de Piquirenda, Acambuco y otros parajes). Se diseñará un mapeo participativo (Cayul Navarrete, 2017) y se realizarán entrevistas semiestructuradas (Martin, 2001) para identificar la mayor cantidad de sitios estratégicos a restaurar (**Figura 6**). Asimismo, se planea que los pobladores comprometidos con el proceso de restauración reciban un incentivo económico a través del Fondo Nacional para el Enriquecimiento y la Conservación de los Bosques Nativos, constituido en el marco de la Ley 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos. Se trabajará también con actores institucionales, como el Cuerpo de Guardaparques de la Reserva de Flora y Fauna Acambuco.

Fase II: Diseño e implementación de las herramientas para la restauración

En esta fase se delinearán y ejecutarán técnicas de reintroducción de *A. cearensis* y de algunas especies arbóreas nativas que forman parte del bosque:

1. Selección y caracterización ecológica de las especies a reintroducir

Además de *A. cearensis*, se seleccionarán para su reintroducción, otras especies nativas que actualmente forman parte de la comunidad vegetal y que tienen valor biológico y biogeográfico, ya sea por su abundancia, dominancia, categoría de conservación o bien por su rareza. Para esta selección, se tendrá en cuenta tanto la información actual aportada por el relevamiento florístico efectuado en el presente trabajo, como la disponible en los registros de herbarios y bases de datos (www.floraargentina.edu.ar; www.gbif.org) y la información que brinden los pobladores locales, sobre todo aquella concerniente a datos históricos que permitan confirmar la presencia, en el pasado, de algunas especies que actualmente están ausentes en el bosque de *A. cearensis*, pero que aparecen en áreas de contacto en el mismo ambiente pedemontano y que tienen su distribución restringida al extremo norte de las Yungas argentinas, como *Pseudobombax argentinum* (R.E. Fr.) A. Robyns (soroche), *Cynophalla polyantha* (Triana & Planch.) X. Cornejo & H.H. Iltis y *Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos var. *aguara-guensis* Zapater & del Castillo (variedad de lapacho amarillo).

De manera preliminar, en este trabajo se presenta la siguiente selección de especies para su reintroducción junto a *A. cearensis*: *A. colubrina* var. *cebil*, *C. multiflorum*, *C. chodatii*, *C. pluviosum*, *E. roseorum*, *L. paraguariensis*, *M. urundeuva*, *P. rhamnoides* y *H. impetiginosus*. La **Tabla 2** presenta una recopilación de algunos requerimientos germinativos de las especies seleccionadas en este trabajo para su reintroducción.

Nombre y Apellido

Edad

Procedencia

¿Hace cuánto tiempo vive aquí?

¿Qué actividades desarrolla?

¿Cómo era la zona cuando usted era niño?

¿Qué actividades realizaban sus padres para su sustento?

¿Cómo era el bosque cuando era niño?

¿Qué cambios observó en el entorno natural?

Para Usted ¿qué recursos naturales deberían conservarse? ¿Cómo y por qué?

¿Considera necesario un proyecto de restauración del bosque en la zona?

¿Qué árboles conoce? (uso de cada uno)

¿Qué rol cumplen los árboles en la zona?

¿El bosque tiene alguna importancia cultural para las comunidades locales?

¿Conoce el “roble criollo”? ¿Para qué utilizan este árbol? ¿Conoce otros lugares donde se encuentre? ¿Sabe hasta donde se distribuye? ¿Considera necesaria su conservación?

¿Conoce el bosque de “roble criollo” de Piquirenda?

¿Cómo era antes este bosque? ¿Qué especies de árboles había antes en este bosque?

¿Cuáles son los disturbios que afectan al bosque de “roble criollo”?

¿Conoce algunas actividades para prevenir la deforestación?

¿Cuál es la mejor manera de proteger a los bosques?

¿Alguna vez realizó plantines de árboles? ¿De cuáles? ¿Cómo?

Figura 6. Modelo de entrevista semiestructurada (adaptada de Martin, 2001)
Figure 6. Model of semi-structured interview (adapted from Martin, 2001)

2. *Recolección de semillas*

Esta etapa se abordará de dos maneras:

- Cosecha de semillas: durante la época de floración y fructificación se identificarán y seleccionarán los árboles semilleros ubicados en el área a restaurar. Se

recogerá la mayor cantidad de semillas de diferentes individuos con el objetivo de obtener mayor variabilidad genética del material colectado (Sanchún et al., 2016), tomando precauciones para el mantenimiento del banco de semillas in situ y su regeneración. Las semillas

Tabla 2. Características y requerimientos germinativos de las especies arbóreas seleccionadas para la restauración del bosque de *A. cearensis* de la sierra de Tartagal

Table 2. Characteristics and germination requirements of selected tree species for restoration of *A. cearensis* forest in Sierra de Tartagal

ESPECIES	Dormición / Tratamiento pre-germinativo	Requerimiento de luz	Requerimiento de temperatura constante	Tiempo de germinación	Observaciones	Referencias
<i>Amburana cearensis</i>	Dormición física. Escarificación mecánica y química	Sin datos	20°-40°	9-28 días	Floración: noviembre a enero. Fructificación: febrero y marzo (cada 3 a 5 años en un mismo árbol)	-Del castillo et al. (1998) -Gil & Del Castillo (2006) -Silva et al. (2008) -Guedes et al. (2010) -Galíndez et al. (2015) -Pastrana Ignes (2020)
<i>Anadenanthera colubrina</i> var. <i>cebil</i>	No tiene dormición	Indiferente	15°-40°	3- 7 días	Floración: abril a junio. Fructificación: junio a octubre. Tiempo de viverización: 4 a 6 meses (35-60 cm)	-Santos Rego et al. (2011) -Varela & Alborno (2013) -Barboza Nogueira et al. (2014) -Eibl & Gonzales (2019) -Pastrana Ignes (2020)
<i>Calycophyllum multiflorum</i>	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Floración: enero a abril Fructificación: abril a octubre	-Digilio & Legname (1966) -Legname (1982)
<i>Ceiba chodatii</i>	Dormición física Escarificación mecánica (lijar suave el tegumento)	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Floración: enero a julio Fructificación desde mayo	-Digilio & Legname(1966) -Legname (1982) -Tapia et al. (2012) -Romero et al. (2013)
<i>Cenostigma pluviosum</i>	Sin datos	Fotoblástica negativa	Sin datos	Menos de 20 días (en condiciones óptimas de humedad)	Floración: noviembre a febrero Fructificación: febrero a junio	-Digilio & Legname(1966) -Legname (1982) -Mostacedo & Pinard (2001) -Observación propia

ESPECIES	Dormición / Tratamiento pre-germinativo	Requerimiento de luz	Requerimiento de temperatura constante	Tiempo de germinación	Observaciones	Referencias
<i>Eriotheca roseorum</i>	Sin datos	Sin datos	20°-35°	8-10 días (en ambiente controlado)	Floración: septiembre a octubre Fructificación: noviembre a enero	-Digilio & Legname(1966) -Legname (1982) -Datos propios
<i>Hadroanthus impetiginosus</i>	No tiene dormición	Fotoblástica positiva	30°	Más de 20 días	Pierde la viabilidad a medida que pasa el tiempo. Floración: agosto a septiembre Fructificación: desde septiembre	-Digilio & Legname(1966) -Legname (1982) -Silva et al. (2004) - Oliveira et al. (2005) -Romero et al. (2013) -Santos et al. (2018) -Pastrana Ignes (2020)
<i>Libidibia paraguariensis</i>	Dormición física Escarificación química (con ácido sulfúrico)	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Floración: septiembre y octubre Fructificación : noviembre a enero	-Digilio & Legname(1966) -Legname (1982) -Ortega Baes et al. (2001) -Abraham de Noir et al. (2004)
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	No tiene dormición	Fotoblástica negativa	20°-30°	Aprox. 5 días	Floración: septiembre y octubre Fructificación: noviembre a enero	-Medeiros et al. (2000) -Mostacedo & Pinard (2001) -Silva et al. (2002) -Dorneles <i>et al.</i> (2005) -Pacheco et al. (2006) -Guedes et al. (2011) -Oliveira et al. (2019)
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	No tiene dormición	Sin datos	Sin datos	Menos de 20 días	Floración: noviembre-diciembre Fructificación: febrero-marzo	-Mostacedo & Pinard (2001)

- colectadas se colocarán dentro de bolsas de papel o en recipientes hasta su siembra en condiciones controladas; las semillas dañadas se desecharán (Meli & Carrasco Caballido, 2011).
- Preparación de bancos de semillas: esta técnica constituye una fuente valiosa de germoplasma que, además de permitir la conservación *ex situ*, contribuye a la restauración de los ambientes degradados. Se identificarán los reservorios naturales de semillas (semilleros) que generalmente se encuentran en remanentes del bosque (Ramírez et al., 1992). Para esta etapa se requerirá de los pobladores locales, quienes conocen el bosque y pueden desempeñar un papel importante al buscar y seleccionar los sitios de reservorio. Se tomarán muestras de suelo de 5 a 10 cm de espesor en diferentes puntos del bosque a restaurar (Ferrandis, 2019). Con estas muestras se prepararán camas de germinación, para seleccionar posteriormente las plántulas de las especies a reintroducir.

3. Tratamientos pre-germinativos

Siguiendo las prescripciones de FAO (1991) y Varela & Arana (2011) se aplicarán a las semillas de las especies seleccionadas, algunos de los siguientes tratamientos:

- Remojo en agua o lixiviación: se remojarán las semillas en agua fría (entre 12 a 48 horas) o caliente (en agua hirviendo dejando que la misma se enfríe durante 12 horas).
- Tratamiento con ácidos o escarificación química: inmersión de las semillas en diferentes compuestos químicos durante 15 minutos a 2 horas (ácido sulfúrico).

- Tratamientos mecánicos o escarificación física: para debilitar mecánicamente la cubierta seminal aumentando su imbibición.
- Estratificación: se colocarán las semillas entre estratos que conserven la humedad durante 20 a 60 días.
- Se ensayarán diferentes tratamientos pre-germinativos con las semillas de las especies de las cuales no se conocen sus requerimientos para germinar.

4. Siembra

Producción de las especies a reintroducir en invernaderos rústicos o huertos comunitarios: se construirán instalaciones que reproduzcan de manera controlada las condiciones ambientales del sitio a restaurar. Las etapas a seguir serán: preparación del sustrato, siembra, implementación de un sistema de riego, fertilización, control de plagas y enfermedades y de los requerimientos de luz, humedad, sustrato y nivel de materia orgánica, a fin de obtener numerosos plantines de buena calidad (Vanegas López, 2016).

5. Enriquecimiento con plantines

- Adecuación del terreno: se adecuará el terreno en los sitios de siembra para favorecer el crecimiento, desarrollo y supervivencia del mayor porcentaje de plantines. La deforestación y la erosión hídrica del suelo son algunos de los disturbios que afectan al área, por lo que un tratamiento previo del terreno previene o reduce sus efectos y mejora las condiciones para reintroducir las especies seleccionadas. Estas tareas incluyen: modificación del pH, recuperación de la fertilidad, descompactación y aireación del suelo, incremento de la humedad y otras estrategias para

contrarrestar la erosión (Vanegas López, 2016).

- Trasplante definitivo de los plantines: por las características y estado de degradación del bosque a restaurar, el trasplante se realizará siguiendo la propuesta de Cayul Navarrete (2007), que recomienda la realización de hoyos de 40x40x30 cm y no definir una densidad de plantación, para que la distribución sea similar a la estructura natural del bosque. Esta técnica se ajustará en función de la respuesta de adaptación que muestren los plantines. Para proteger los plantines se realizará una clausura temporaria de la mayor superficie posible dentro del bosque, utilizando para ello un alambrado perimetral.

La época recomendada para el trasplante en el área de estudio es al inicio de las precipitaciones (noviembre), evitando las heladas del invierno, el déficit hídrico de la primera mitad de la primavera y las altas temperaturas del verano. Para el traslado de los plantines al área de restauración se tomarán los recaudos indicados Cabrera & Ramírez (2014) y Mas (2015).

Fase III. Seguimiento y monitoreo del proceso de restauración

- Seguimiento del proceso de restauración: etapa de valoración de los resultados obtenidos durante y después de la implementación de las estrategias de restauración. Es un trabajo participativo en conjunto con los actores sociales involucrados. Para evaluar la restauración del bosque se analizarán algunos de los indicadores propuestos por SER (2004), adaptados al área de estudio:
 - Mejora estructural en términos de desarrollo y complejidad de sus es-

tratos y aumento de cobertura y biomasa.

- Incremento de la biodiversidad en todos los estratos de vegetación.
- Representación en la composición de especies arbóreas del piso de vegetación de la Selva Pedemontana.
- Capacidad para sostener poblaciones reproductivas necesarias para su permanencia y estabilidad.
- Eliminación o reducción de las amenazas potenciales.
- Suficiente capacidad de recuperación frente a los disturbios naturales.
- Monitoreo del proceso de restauración: etapa de mediciones en el área restaurada y análisis de los cambios producidos en el bosque. Para cuantificar esos cambios y realizar comparaciones temporales, se evaluará: supervivencia, número de plantas faltantes, altura, diámetro a la altura del pecho (DAP), diámetro en la base, biomasa, cobertura de la copa y otras medidas morfométricas pertinentes (Meli & Carrasco Caballido, 2011; Vargas Ríos, 2011; Vanegas López, 2016). La participación de las comunidades locales en esta fase es también indispensable, ya que promoverá conductas conservacionistas durante el proceso de restauración (Calle et al., 2015).

BIBLIOGRAFÍA

- ABRAHAM DE NOIR, F., M.G. MAGUNA, & R. ABDALA, 2004. How to improve germination in *Caesalpinia paraguayensis* Burk. *Seed Science and Technology* 32: 235-238.
- AGUIRRE, N., J. TORRES & P. VELASCO, 2013. Guía para la restauración ecológica en los páramos del Antisana. Fondo de protección del agua FONAG 1: 9-13. Quito, Ecuador.

- BARBOZA NOGUEIRA, F.C., C. LOBO PINHEIRO, S. MEDEIROS FILHO & D.M. DA SILVA MATOS, 2014. Seed germination and seedling development of *Anadenanthera colubrina* in response to weight and temperature conditions. *Journal of Plant Sciences* 2: 37-42.
- BARRERA CATAÑO, J.I. & C. VALDÉS LÓPEZ, 2007. Herramientas para abordar la restauración ecológica de áreas disturbadas en Colombia. *Universitas Scientiarum* 12 (II): 11-24.
- BIANCHI, A.R., C.E. YÁÑEZ & L.R. ACUÑA, 2005. Base de datos mensuales de precipitaciones en el noroeste argentino. Período 1934-1990. INTA, Salta. 41 pp.
- CABRERA, A.L., 1994. Regiones fitogeográficas de la República Argentina. *Enciclopedia de Agricultura, Jardinería y Fruticultura* 2: 1-85.
- CABRERA, M. & W. RAMÍREZ, 2014. Restauración ecológica de los páramos de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia. 296 pp.
- CALDERÓN PIMENTEL, M., O. DÍAZ MARTÍN, G. GONZÁLEZ RECHE, V. GUERRERO RODRÍGUEZ, O. LÓPEZ CANALES, B. MUÑOZ PAREDES, T. VILLASANTE, N. REMENSAL GONZÁLEZ & M.C. TRINIDAD CORNEJO, 1999-2000. Participación comunitaria en torno al bienestar social en el municipio de Tres Cantos, Ayuntamiento de Tres Cantos (patrocinadora). Municipio de Tres Cantos, Comunidad de Madrid, España. (global.net/iepala/global/fichas/ficha.php?id=1530&entidad=Experiencias&html=1)
- CALLE, Z., M. CARVAJAL & A.M. GIRALDO, 2015. Monitoreo participativo e indicadores socioeconómicos de la restauración ecológica. En: Aguilar Garavito, M. & W. Ramirez (Eds.). Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres. Pp: 67-73. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá DC, Colombia.
- CALZÓN, M.E. & A.M. GIMÉNEZ, 2011. Los anillos de crecimiento del Roble Criollo como herramienta para un manejo sustentable de los bosques de las Yungas. *Agraria* 5 (12): 37-41.
- CAYUL NAVARRETE, M.A., 2017. Propuesta de restauración ecológica para un bosque del Tipo Forestal Siempreverde ubicado en el sector de Pucura, comuna de Panguipulli, Región de Los Ríos. Trabajo para optar por el título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales. Universidad Austral de Chile. 78 pp.
- DEL CASTILLO, E.M., M.N. GIL, & R.C. VARELA, 1998. La Selva de Yungas del Noroeste Argentino: Recuperación y Manejo Silvícola. En: Primer Congreso Latinoamericano IUFRO. Valdivia, Chile. 14 pp.
- DIGILIO, A.P. & P.R. LEGNAME, 1966. Los árboles indígenas de la provincia de Tucumán. Opera Lilloana XV. Ministerio de Cultura y Educación. Fundación Miguel Lillo. Tucumán, Argentina.
- DORNELES, M.C., M.A. RANAL & D.G. SANTANA, 2005. Germinação de diásporos recém-colhidos de *Myracrodruon urundeuva* allemao (Anacardiaceae) ocorrente no cerrado do Brasil central. *Revista Brasileira de Botânica* 28: 399-408.
- EIBL, B. & C. GONZÁLEZ, 2014. *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul (Curupay). *Revista Forestal Yvyrareta* 21: 65- 65.
- ENRIQUEZ, A.S. & M.V. CREMONA, 2018. El rol de los suelos en la restauración ecológica. Universidad Nacional del Comahue. En: Gobbi, M.E. & A. Aguilar (Eds.). La restauración ecológica como proyecto educativo: aportes teóricos y líneas de acción. Pp. 37-58. Neuquén.
- FERRANDIS, P., 2019. La importancia de los bancos de semillas del suelo en los estudios ecológicos. *Revista Cubana de Ciencias Forestales* 7(3): 276-282.

- FLORA ARGENTINA Y DEL CONO SUR.
<http://www.floraargentina.edu.ar>.
- GALÍNDEZ, G., G. MALAGRINA, D. CEC-CATO, T. LEDESMA, L. LINDOW LÓPEZ & P. ORTEGA BAES, 2015. Dormición física y conservación *ex situ* de semillas de *Amburana cearensis* y *Myroxylon peruiferum* (Fabaceae). Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 50: 153-161.
- GIL, M.N. & E.M. DEL CASTILLO, 2006. Semillas forestales. Cartilla teórico-Práctico. Cátedra de Silvicultura. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta. 18 pp.
- GUEDES, R.S., E.U. ALVES, E.P. GONÇALVES, J.M. BRAGA JÚNIOR, J.S. VIANA & P.N.Q. COLARES, 2010. Substratos e temperaturas para testes de germinação e vigor de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) AC Smith. Revista Árvore 34: 57-64.
- GUEDES, R.S., E.U. ALVES, E.P. GONÇALVES, P.N.Q. COLARES, M.S. MEDEIROS & J.S. VIANA, 2011. Germinação e vigor de sementes de *Myracrodruon urundeuva* allemao em diferentes substratos e temperaturas. Revista Árvore 35: 975-982.
- KEENLEYSIDE, K.A., N. DUDLEY, S. CAIRNS, C.M. HALL & S. STOLTON, 2014. Restauración Ecológica para Áreas Protegidas: Principios, directrices y buenas prácticas. Gland, Suiza. UICN. 118 pp.
- LEGNAME, P.R., 1982. Árboles indígenas del noroeste argentino. Opera Lilloana 34:1-226.
- LINDIG CISNEROS, R., 2011. La restauración ecológica como una construcción social. En: Vargas Ríos O. & S.P. Reyes (Eds.). La Restauración Ecológica en la práctica: Memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica. Pp 41-49.
- MALIZIA, L.R., S.E., PACHECO & B.A. LOISELLE, 2009. Árboles de valor forestal en las Yungas de la alta cuenca del río Bermejo. En: Brown, A.D., P. Blendinger & T. Lomáscolo (Eds.). Ecología, historia natural y conservación de la Selva Pedemontana de las Yungas Australes. Edic. del Subtrópico, Fundación ProYungas, Tucumán, Argentina. Pp. 105-120.
- MARTIN, G., 2001, Etnobotánica. Manuales de Conservación Serie Plantas y gente. WWF- UNESCO. Nordan-Comunidad, Montevideo. 239 pp.
- MAS, F.M., 2011. La restauración del bosque de ribera. En: Vargas Ríos, O. & S.P. Reyes (Eds.). La Restauración Ecológica en la práctica: Memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración ecológica. Pp 131-141. Universidad Nacional de Colombia.
- MATTEUCCI, S.D. & A. COLMA, 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Serie Biología. Monografía N° 22. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos (OEA). Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington. 163 pp.
- MEDEIROS, A.D.S., R. SMITH, R. PROBERT & R. SADER, 2000. Comportamento fisiológico de sementes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) em condições de armazenamento. Pesquisa Florestal Brasileira 40:85-98.
- MELI, P. & V. CARRASCO CARBALLIDO, 2011. Restauración ecológica de riberas: Manual para la recuperación de la vegetación ribereña en arroyos de la Selva Lacandona. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Tlalpan, México. 66 pp.
- MENDOZA, E.A. & J.A. GONZÁLEZ, 2011. Las ecorregiones del noroeste argentino basadas en la clasificación climática de Köppen. Serie Conservación de la Naturaleza N° 19. Fundación Miguel Lillo. 44 pp.
- MOSTACEDO, B. & M. PINARD, 2001. Ecología de semillas y plántulas de árboles maderables en bosques tropicales de Bolivia. En: Mostacedo, B. & T.S. Fredericksen (Eds.). 2001. Regeneración y silvicultura de bosques tropicales en Bo-

- livia. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR). Pp 11-29. Santa Cruz, Bolivia.
- NAVARRO, G. & M. MALDONADO, 2002. Geografía Ecológica de Bolivia. Vegetación y ambientes acuáticos. Centro de Ecología. Difusión Simón I Patiño. Santa Cruz, Bolivia. 1-719.
- OLIVEIRA, L.M., M.L. MOREIRA DE CARVALHO, T.T. ALMEIDA SILVA & D.I. BORGES, 2005. Temperatura e regime de luz na germinação de sementes de *Tabebuia impetiginosa* (Martius ex A. P. de Candolle) Standley e *T. serratifolia* Vahl Nich.-Bignoniaceae. *Ciência e Agrotecnologia* 29: 642-648.
- OLIVEIRA, G.M.D., F.F.S.D. SILVA, M.D.N. ARAUJO, D.C.C.D. COSTA, S.E.V. GOMES, J.R. MATIAS & B.F. DANTAS, 2019. Environmental stress, future climate, and germination of *Myracrodruon urundeuva* seeds. *Journal of Seed Science* 41: 32-43.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales. Italia: FAO. (<http://www.fao.org/3/ad232s/ad232s00.htm>).
- ORTEGA BAES, P., M. DE VIANA, G. LARENAS & M. SARAVIA, 2001. Germinación de semillas de *Caesalpinia paraguayensis*: agentes escarificadores y efectos del ganado. *Revista de Biología Tropical* 49: 301-304.
- PACHECO, M.V., V.P. MATOS, R.L.C. FERREIRA, A.L.P. FELICIANO & K.M.S. PINTO, 2006. Efeito de temperaturas e substratos na germinação de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (Anacardiaceae). *Revista Árvore* 30: 359-367.
- PASTRANA IGNES, V.A., 2020. *Árboles nativos de importancia forestal de la provincia de Salta: Germinación y conservación ex situ*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de La Plata. 196 pp.
- PAOLINI, L., R. VILLALBA & H.R. GRAU, 2005. Precipitation variability and landslide occurrence in a subtropical mountain ecosystem of NW Argentina. *Dendrochronologia* 22: 175-180.
- POLITI, N., L. RIVERA, L. LIZÁRRAGA, M. HUNTER & G. DEFOSSÉ, 2014. Fauna & Flora International. *Oryx* 49(1): 111-117.
- RAMÍREZ, N., M. GONZÁLEZ & P.F. QUINTANA, 1992. Banco y lluvia de semillas en comunidades sucesionales de bosque de pino-encino de los Altos de Chiapas, México. *Acta Botánica Mexicana* 20: 59-75.
- RAMOS, V.A., 1999. Las Provincias Geológicas del territorio argentino. *Geología Argentina, Anales* 29(3): 41-96.
- ROMERO, A. & A. TAPIA, 2013. Reproducción y multiplicación de especies arbóreas del valle central de Catamarca. *Revista del CIZAS* 14 (1-2): 64-73.
- SANCHÚN, A., R. BOTERO, A. MORERA BEITA, G. OBANDO, R.O. RUSSO, C. SCHOLZ & M. SPINOLA, 2016. Restauración funcional del paisaje rural: manual de técnicas. UICN. San José, Costa Rica. XIV. 436 pp.
- SANTOS, P., C.P. BENEDITO, T.R. ALVES, E.P. PAIVA, E.C. SOUSA & A.L. FREIRES, 2018. Water stress and temperature on germination and vigor of *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola y Ambiental* 22: 349-354.
- SANTOS REGO, S., M.M. FERREIRA, A.C. NOGUEIRA, F. GROSSI, R.K. DE SOUSA, G.E. BRONDANI & A.L.L. DA SILVA, 2011. Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Veloso) Brenan. *Journal of Biotechnology and Biodiversity* 2: 1-4.
- SER (Society for Ecological Restoration International-Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica), 2004. Principios sobre SER International sobre la restauración ecológica. Grupo de Trabajo sobre Ciencia y Política. 15 pp.
- SILVA, L.M.M., T.J.D. RODRIGUES & I.B. AGUIAR, 2002. Efeito da luz e da temperatura na germinação de sementes de

- aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemo). Revista *Árvore* 26: 691-697.
- SILVA, E.A.A., A.C. DAVIDE, J.M. ROCHA FARIA, D.L. BANDEIRA DE MELO & G. BARBOSA DE ABREU, 2004. Germination studies on *Tabebuia impetiginosa* Mart. seeds. *Cerne* 10: 1-9.
- SILVA, E.P.D.B.E., M.C.D.F. BELLO, S.C. ALBUQUERQUE & E.A.F. DE MENDONÇA, 2008. Germinação de sementes de *Amburana cearensis* (Ducke) AC Sm. submetidas a diferentes condições de temperatura e de estresse hídrico. *Revista Brasileira Sementes* 30: 16-24
- TAPIA, A.M., A. ROMERO & V. LUQUE, 2012. Reproducción y multiplicación de especies autóctonas del Valle Central de Catamarca. *Revista de Divulgación Técnica Agrícola y Agroindustrial* 27. Facultad de Ciencias Agrarias-UNCa.
- THE GLOBAL BIODIVERSITY INFORMATION FACILITY. <https://www.gbif.org>.
- THE IUCN RED LIST OF THREATENED SPECIES. Version 2017-3. <http://www.iucnredlist.org>.
- VALLEJO, V.R., J.A. ALLOZA, S. BAUTISTA, C. BLADÉ, J. CORTINA, D. FUENTES, J. LLOVET, I. SERRASOLSES, A. VALDECANTOS & A. VILAGROSA, 2011. Recuperación de suelos en el contexto de la restauración forestal en clima seco: el caso de la Cuenca Mediterránea. En: Vargas Ríos, O. & S.P. Reyes (Eds.). *La Restauración Ecológica en la práctica: Memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración ecológica*. Pp 67-91. Universidad Nacional de Colombia
- VANEGAS LÓPEZ, M., 2016. Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias. Informe final dentro del proyecto GEF 00089333 "Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras". CONAFOR, CONABIO, GEF-PNUD. México. 158 pp.
- VARELA, O.R. & P.L. ALBORNOZ, 2013. Morpho-anatomy, imbibition, viability and germination of the seed of *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Fabaceae). *Revista de Biología Tropical* 61: 1109-1118.
- VARELA, S.A. & V. ARANA, 2011. Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pre-germinativos. *Sistemas Forestales Integrados* 3:1-10.
- VARGAS RÍOS, O., 2011. Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. *Acta Biológica Colombiana* 16 (2): 221-246.
- VARGAS, O., J.E. DÍAZ, S.P. REYES & P.A. GÓMEZ, 2012. Guías técnicas para la restauración ecológica de los ecosistemas de Colombia. Bogotá: Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Grupo de Restauración Ecológica-Universidad Nacional de Colombia. 136 pp.
- VILLANUEVA, R., 1981. Dirección de Recursos Naturales de la Provincia de Salta. Decreto 15.742. Gobierno de Salta. Argentina.
- WENZEL, M. & H. HAMPEL, 1998. Regeneración de las principales especies arbóreas del Chaco húmedo argentino. *Quebracho* 6: 5-18.

Recibido: 09/2020
Aceptado: 12/2020