

REPRODUCCIÓN SEXUAL Y AGÁMICA DE QUEÑO A (*Polylepis tomentella*) IN SITU Y EX SITU

IN SITU AND EX SITU SEXUAL AND AGAMIC REPRODUCTION OF QUEÑO A (*Polylepis tomentella*)

Humberto Salazar¹, Griet An Erica Cuyckens^{2,*} y Gustavo Federico Guzmán³

¹ Universidad Nacional de Jujuy, Facultad de Ciencias Agrarias, Licenciatura en Ciencias Biológicas,

² Instituto de Ecorregiones Andinas (INECOA, CONICET-UNJu) y Centro de Estudios Territoriales Ambientales y Sociales (CETAS, UNJu). Correo-e: ecuyckens@fca.unju.edu.ar

³ Catedra de Ecología Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy

*Autor para correspondencia:
ecuyckens@fca.unju.edu.ar

Licencia:
[Licencia Creative Commons](#)
[Atribución-NoComercial-](#)
[CompartirIgual 4.0 Internacional](#)

Período de Publicación:
Diciembre 2020

Historial:
Recibido: 24/07/2020
Aceptado: 07/09/2020

RESUMEN

Polylepis es un género de Rosaceae, nativo de los Andes, amenazado por diversos factores antrópicos. Debido a estas amenazas existe la necesidad de realizar proyectos de reforestación como los que existen en varios países. Sin embargo, para la mayoría de las especies se desconoce la biología básica sobre la reproducción de manera sexual (semillas) y agámica (esquejes). Tampoco se conoce la posibilidad de reproducción *ex situ* en ambientes protegidos (invernáculos). En el presente trabajo se evaluó la producción de plantines de queño a (*Polylepis tomentella* Wedd.) *in situ*: Quebraleña a 3.700 m.s.n.m. y *ex situ*: en San Salvador de Jujuy a 1.260 m.s.n.m en la provincia de Jujuy, Argentina. Durante un año se realizó la cosecha de semillas y esquejes en Quebraleña y la multiplicación sexual y agámica en ambos lugares, mensualmente para las semillas y bimestralmente para los esquejes. Se utilizó tierra de la localidad de Quebraleña para las siembras en ambas localidades y para los esquejes solo se utilizó agua sin enraizantes. La germinación resultó muy baja; $2,83 \pm 1,27$ % *ex situ* y $3,24 \pm 0,73$ % *in situ*, con buenos resultados en el mes de abril y muy bajos en junio para ambos lugares. A pesar de esto, se puede llevar a cabo la producción continua de plantines durante todo el año, tanto *in situ* como *ex situ*, que contribuye de esta forma a la conservación de *P. tomentella*. Los ensayos de reproducción vegetativa fueron infructuosos pese al riguroso control y cuidado que se les brindó durante el tiempo de seguimiento.

Palabras clave: conservación, *ex situ*, germinación, *in situ*, multiplicación, reforestación

SUMMARY

Polylepis is a Rosaceae genus, native of the Andes, threatened by several anthropic factors. Due to these threats, there is a need to carry out

reforestation projects as those that exist in several countries. However, for most species the basic biology of sexual (seeds) and agamic (cuttings) reproduction is unknown. The possibility of *ex situ* reproduction under protected environments (hothouses) is also unknown. In the present work the possibility of producing *Polylepis tomentella* Wedd. (queñoa) seedlings *in situ*: in Quebraleña at 3,700 m.a.s.l and *ex situ* in San Salvador de Jujuy, at 1,260 m.a.s.l in Jujuy province, Argentina was assessed. Seed harvest and sexual and agamic multiplication were carried out in both locations during a year, monthly for seeds and bimonthly for cuttings. Soil from Quebraleña was used for sowing in both locations; for cuttings, only water without rootings was used. Germination was very low (2.83 ± 1.27 % *ex situ* and 3.24 ± 0.73 % *in situ*), with very good results in April and very low ones in June for both places. Despite this, seedlings continuous production can be carried out throughout the year, *in situ* as well as *ex situ*, contributing in this way with *P. tomentella* conservation. Vegetative reproduction tests were unsuccessful although strict control and care was provided during monitoring time.

Keywords: conservation, *ex situ*, germination, *in situ*, multiplication, reforestation

INTRODUCCIÓN

Los bosquesillos de Queñoa (*Polylepis* spp., Sanguisorbeae, Rosaceae) son exclusivos de América del Sur. En su distribución el género alcanza más altitud que cualquier otro árbol en el mundo y latitudinalmente se extienden a lo largo de los Andes y montañas cercanas, desde Venezuela hasta el norte de Chile y el centro de Argentina. Son ecosistemas únicos que forman parches o “islas” de alta biodiversidad en una matriz con menor diversidad (Lloyd y Marsden, 2008; Gareca, Hermy, Fjeldså y Honnay, 2010; Tinoco, Astudillo, Latta, Strubbe y Graham, 2013).

Existen 28 especies de *Polylepis* y tres subespecies (Segovia-Salcedo, Domic, Boza y Kessler, 2018). El noroeste argentino conforma un verdadero punto caliente o “hotspot” con la presencia de cinco especies; *Polylepis australis* Bitt., *Polylepis crista-galli* Bitt., *Polylepis hieronymi* Pilg., *Polylepis tarapacana* Phil. y *P. tomentella* (Renison *et al.*, 2013). Las especies de *Polylepis* se encuentran amenazadas por actividades humanas como incendios provocados (Argibay y Renison, 2018; Gosling, Hanselman, Knox, Valencia y Bush,

2009), ganadería y tala selectiva (Purcell y Brelsford, 2004), el cambio climático, la minería, y la apertura de nuevos caminos (Renison *et al.*, 2013), causando la degradación y pérdida de cobertura forestal en la mayor parte de su distribución y poniendo en riesgo a muchas especies que dependen de estos bosques (Sevillano Ríos, Rodewald y Morales, 2018). La tala reduce especialmente el plantel de árboles semilleros adultos, mientras que la ganadería afecta a las plántulas.

Por estas amenazas, los programas de conservación constituyen una prioridad y en ellos se deben incluir prácticas que permitan reemplazar a los individuos talados a través de regeneración natural y/o reforestación (Nina, Marino y Veliz, 2004). Las reforestación y políticas forestales fueron propuestas como una de las acciones más importantes en la conservación de *Polylepis* (Pinos, 2020). En varios países se están realizando experiencias de reforestación; como con *P. tarapacana* en Chile y Perú y *P. australis* en Argentina (Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi 2011; Arribasplata Vargas, 2012; Portugal, 2015; Renison *et al.*, 2016), pero no se conocen proyectos de reforestación con *P. tomentella*. Los

programas de reforestación están limitados por el escaso conocimiento sobre la ecología de la especie, en particular falta información sobre la biología reproductiva, la germinación de semillas y los requerimientos de hábitat de las plántulas (Morales *et al.*, 2018).

El estudio de la biología reproductiva de especies amenazadas constituye un aspecto importante para el desarrollo exitoso de programas de conservación (Anderson, Johnson, Neal y Bernardello, 2002). En Bolivia, *P. tomentella* fructifica a principios de la época húmeda (agosto-diciembre) y en Jujuy, Argentina parece fructificar todo el año con picos en su fructificación en junio y diciembre (Guzmán, 1999). Sin embargo, se desconoce si la época influye sobre el poder germinativo. En ambientes áridos y a gran altura, la humedad es un factor limitante para la reproducción de las plantas. El reclutamiento de plantas en ambientes áridos a menudo ocurre solo en meses con lluvias por encima del promedio o en sitios seguros que brindan refugio contra altas temperaturas y baja humedad (Flores y Jurado, 2003).

Polylepis produce flores anemófilas bisexuales. Las flores producen un aquenio de alas simples (llamados semillas a partir de ahora). Naturalmente, se propaga casi exclusivamente a través de reproducción sexual, pero puede reproducirse esporádicamente de manera vegetativa o agámica a través de rizomas (Kessler, 1995; Simpson, 1979).

Las experiencias de reproducción de *P. australis* en Córdoba en invernaderos indican que esta especie se puede reproducir exitosamente *ex situ*, facilitando la propagación (más plantines en menos tiempo) y el costo, y se recomienda una reproducción por semillas para maximizar una variabilidad genética (Renison y Cingolani, 1998). Sin embargo, en Bolivia el porcentaje de germinación en condiciones experimentales en *P. tomentella* es bajo; de $7,4 \pm 7,9\%$ (Domic, Capriles y Camilo, 2020) o entre 13,5 - 23,5% (Sánchez, 2000). En Bolivia los árboles con una copa mayor a 200 m² produjeron 2,5 veces más flores y frutos que árboles más pequeños. Además de la cantidad, también la calidad de las semillas de una especie es influenciada por el tamaño de la planta maternal (Roach y Wulff, 1987; Renison, Hensen y Cingolani, 2004). Domic, Capriles, & Camilo (2020) encontraron que los árboles más altos de *P. tomentella* poseían mayor poder germinativo de sus semillas con

respecto a los más bajos y arbustos. También en Bolivia, Domic, Mamani y Camilo (2013) encontraron bosques muy deteriorados de *P. tomentella* donde la regeneración estaba comprometida. Es posible que en la provincia de Jujuy la regeneración de la especie también se vea afectada por los efectos antrópicos sobre los bosques. La extracción de ramas verdes y leña se produce ininterrumpidamente desde épocas del incario debido a que *P. tomentella* es la única especie arbórea propia de la Puna (Guzmán, 1999).

Debido a la baja germinación, la propagación del género *Polylepis* en invernadero también se realiza a través de esquejes. Esta técnica consiste en obtener nuevas plantas a partir de porciones vegetativas tomadas de un árbol adulto, las que serán genéticamente iguales a las plantas progenitoras (Kessler, 2000). En la mayoría de las especies leñosas se ha encontrado que la propagación por estacas es el método de propagación más eficiente, ya que acorta el periodo de multiplicación y reduce los costos de producción (Hartman, Kester y Marino Ambrosio, 1985; Palanisamy y Kumar, 1997). Esta técnica ya fue recomendada para *Polylepis besseri* Hier. por sus altos índices de prendimiento en relación con el poder germinativo de la semilla (Quispe Callisaya, 2013) y en *Polylepis incana* Kunth se han producido plantines mediante estacas con un éxito que varió entre 36 a 80 % (Fjeldså y Kessler, 1996). No se conoce si esta metodología es factible en *P. tomentella*. Una característica indispensable para el enraizado de estacas en especies leñosas es el uso de tejido activo (Iglesias *et al.*, 1996), por lo que es común utilizar plantas jóvenes o rebrotes juveniles de plantas de mayor edad (Chaturvedi *et al.*, 1996; Palanisamy y Kumar, 1997).

P. tomentella tiene un bajo reclutamiento probablemente asociado a una producción muy baja de semillas viables (Domic, Bernhardt, Edens-Meier, Camilo y Capriles, 2017). Las semillas no se caracterizan por una época de dormición (latencia o letargo), que se define como el estado en el cual una semilla viable y madura no germina, aunque los factores externos sean favorables para hacerlo (Baskin y Baskin, 2014), por lo que podría reproducirse en ambientes protegidos (invernáculos) todo el año.

En este trabajo con el fin de generar conocimientos con el fin de facilitar la recuperación de sus bosques mediante una reforestación de *P. tomentella* se realizaron experimentos

en invernáculos con el objetivo de evaluar la reproducción a partir de semilla y a través de esquejes. Por lo tanto, se propusieron los siguientes objetivos específicos:

- (1) Determinar el porcentaje de germinación de *P. tomentella* *in situ* y *ex situ*.
- (2) Evaluar la factibilidad de producción de plantines, tanto a través de semillas (reproducción sexual) como a través de esquejes (reproducción agámica) en invernáculos e indicar las épocas más favorables para hacerlo.
- (3) Comparar la reproducción (tanto sexual como agámica) de *P. tomentella* en su ambiente nativo y en un lugar exótico.

Nuestras hipótesis de trabajo fueron que habría diferencias en la reproducción (tanto por semillas como por esquejes) *in situ* y *ex situ*, debido a que la especie se encontraría más adaptada al lugar donde es nativa. En segundo lugar, esperamos que no habría diferencias en la reproducción entre los meses del año para la germinación, ya que se observó una producción de semillas constantes y la especie no posee una dormición. La mejor época del año para realizar esquejes debería ser la primavera cuando los tejidos de los árboles están más activos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Especie en estudio

P. tomentella es un árbol de 3 a 6 m de altura, limitándose a formas arbustivas si las condiciones ambientales son menos favorables. Su follaje es persistente, aunque se reduce considerablemente en la época desfavorable de precipitaciones y temperatura (invierno). Se propaga casi exclusivamente a través de reproducción sexual, pero puede reproducirse esporádicamente a través de rizomas (Kessler, 1995; Simpson, 1979). La distribución de *P. tomentella* en Jujuy comprende la zona de serranías de la Puna jujeña (Zenta, Aguilar, Quichagua y Cochinoca), continuando en Bolivia. Los bosques de queñoa de la Puna se presentan como manchones aislados y de escasa extensión, alcanzando las 8 hectáreas promedio (Segovia, Speranza y Malizia, 2012).

Área de estudio

En el presente trabajo se recolectaron semillas y trozos de ramas jóvenes de los árboles de *P. tomentella* en la localidad de Quebraleña (Cochinoca, Jujuy, Argentina). Se realizaron los ensayos en el invernáculo de la escuela rural N° 381 de Quebraleña y el de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy, San Salvador de Jujuy en la provincia de Jujuy (Fig. 1).

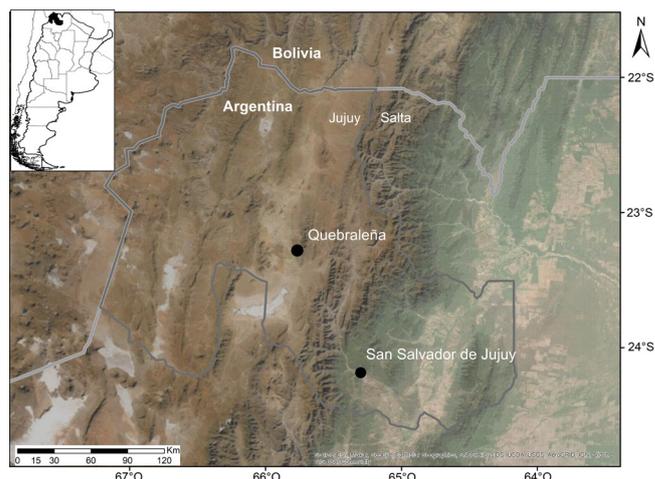


Figura 1. Localización de la provincia de Jujuy en la Argentina (recuadro) y los sitios de estudio (Quebraleña y San Salvador de Jujuy) dentro de la provincia de Jujuy sobre una imagen satelital de espectro visible, tomado de Esri.

El bosque de *P. tomentella* estudiado se encuentra a 1 km del caserío de Quebraleña (23°28'33"S y 65°45'9"O; 3.900 m.s.n.m.) a lo largo del río homónimo. El bosque se extiende en parches por varios kilómetros a lo largo del río y por las laderas. Los árboles miden entre 1 y 6 m de altura. Quebraleña se encuentra en la ecorregión de la Puna. El clima es frío, la temperatura media anual es de 7,8°C con una mínima de 7,7°C mensual en julio (medido en Abralaité) (Buitrago y Larrán, 1994). La atmósfera es casi siempre límpida, favoreciendo grandes cambios térmicos diarios (25-30°C) y la sequedad atmosférica acentuada. Las precipitaciones medias anuales totalizan entre 100 y 300 mm, produciéndose en su totalidad en la estación veraniega (Buitrago y Larrán, 1994). La mayoría de los sectores donde hay (o hubo recientemente) queñoales de *P. tomentella* en la Puna jujeña, corresponde a terrenos derivados de areniscas (Braun, Picchetti y Guzmán, 2004).

San Salvador de Jujuy (24°11'40" S y 65°17'49" O; 1255 m.s.n.m.) se encuentra en el

departamento Manuel Belgrano, ecorregión de las Yungas. El clima se clasifica como cálido y templado. Los veranos son mucho más lluviosos que los inviernos. La temperatura media anual es de 17,1°C y las precipitaciones medias anuales son de 400 mm (Buitrago y Larrán, 1994).

Todas las semillas y ramas utilizadas en los ensayos provenían del bosque de Quebraleña. Se eligieron 10 árboles a más de 50 metros entre sí, con las siguientes características: 1. Se evitaron ejemplares aislados; se estimó la cobertura del bosque en un radio de 25 m alrededor del árbol y se eligieron lugares con una cobertura del 10% mínimo. 2. Altura del individuo: 3 o más metros, estimando a ojo la altura desde su base hasta la rama más distante. La recolección de semillas se realizó mensualmente. Con la ayuda un bastón de 3 m de largo se sacudieron las ramas sin dañar en lo posible el follaje para desprender las semillas y recolectándolas en un plástico de 3 x 2 m colocado en el suelo (Fig. 2). Cada vez se colectó una cantidad que aseguraba los ensayos del mes (mínimo de 4.000 por mes). Una vez recolectadas las semillas, éstas se guardaron en bolsas de polietileno, rotuladas, marcando número de árbol y fecha de la colecta.



Figura 2. Foto de la técnica de recolección de semillas de *P. tomentella* en la localidad de Quebraleña, Jujuy, Argentina

En laboratorio, las semillas fueron limpiadas en forma manual separando tallos, hojas e impurezas. Siguiendo la bibliografía (Domic *et al.*, 2020) se desecharon semillas pequeñas, livianas, y poco saludables a simple vista (por ejemplo, semillas con pequeños agujeritos, negras o con indicios de hongos). Por cada árbol se seleccionaron 400 semillas, para ser sembradas en los invernáculos, en donde se utilizaron la mitad

en cada localidad. En total se utilizaron 4.000 semillas por mes (400 por cada árbol). Debido a diferencias entre individuos en otra especie de *Polylepis* (Renison *et al.*, 2004; Seltmann, Leyer, Renison y Hensen, 2007) no se mezclaron semillas de diferentes árboles.

Ensayos de germinación

En los viveros, se realizaron 12 siembras por mes a lo largo del año. Como germinadores se utilizaron cajones de madera de 58x30x12 cm (Fig. 3), y como sustrato tierra de hasta 30 cm de profundidad de Quebraleña. Para cada siembra, se midió la germinación, de manera mensual registrando todos los nacimientos de plántulas hasta que ya no se produjeran más, considerando el nacimiento como la extensión completa de los cotiledones. Se regó hasta la capacidad de campo cada 2 o 3 días.



Figura 3. Siembra de semillas de *P. tomentella* en invernáculo

Multiplicación agámica

Para los ensayos de esquejes, se procedió a cortar con tijera de podar bimestralmente 20 esquejes de cada uno de los 10 árboles seleccionados de 25 a 30 cm de longitud y menos de un cm de diámetro ($n=1.200$). La mitad (100 esquejes) se plantó en Quebraleña y la otra mitad se transportó a la Facultad de Ciencias Agrarias en San Salvador de Jujuy. Se los rotuló con la fecha y número de árbol para individualizarlos, se los aseguró bien con un cordón de hilo plástico para que no se mezclaran durante el viaje, y fueron permanentemente humedecidos con una regadera con agua, evitando así la deshidratación del material.

En el invernáculo se procedió a quitarles los brotes y hojas en aproximadamente las $\frac{3}{4}$ partes del tallo, dejando intacto el ápice. Se colocaron los esquejes en recipientes llenos de agua. Se utilizó únicamente agua como sustrato de enraizamiento con el objetivo de probar una técnica económica, reproducible en Quebraleña y otros sitios con presencia de *P. tomentella* y que funcionó en *P. bessi* (Quispe-Callisaya, 2013). Fueron ubicados en un lugar sombrío del invernáculo, donde se procedió a renovar el agua del recipiente cada cuatro días para su oxigenación, evitando así la putrefacción de la parte sumergida de los tallos. Se observó si había desarrollo de raíces y hojas nuevas durante 60 días.

Análisis estadísticos

Para cada lugar se calculó el promedio del porcentaje de germinación por mes con su desviación estándar. Para determinar si hubo diferencias en los porcentajes de germinación entre localidades; ex situ (San Salvador de Jujuy) e in situ (Quebraleña), entre los diferentes meses y entre los diferentes árboles semilleros se desarrolló un modelo generalizado mixto. Se agregó la variable "árbolsemillero" porque en estudios de germinación en *P. australis* se encontraron diferencias entre árboles (Marcora, Hensen, Renison, Selmann y Wesche, 2008). De acuerdo con la distribución de la variable respuesta (% de germinación), se indicó el uso de una distribución binomial en el modelo. Teniendo en cuenta que la variable "porcentaje de germinación" se encuentra anidado en la variable "árbol semillero" ya que las semillas provienen de un solo árbol y no pueden provenir de otro, se utilizó anidado en el factor "árbol semillero" (Zuur, Ieno, Walker, Saveliev y Smith, 2009). Se utilizaron pruebas de Tukey post-hoc para observar las diferencias de los tratamientos significativos y se graficaron para mejor visualización. Se utilizó el programa R y los paquetes "ggplot", "dplyr" y "statsr" (R Development Core Team, 2012).

RESULTADOS

El porcentaje de semillas germinadas en ambos sitios fue similar con $2,83 \pm 1,27$ % para San Salvador de Jujuy y un $3,24 \pm 0,73$ % para Quebraleña. El modelo indica que no existen diferencias entre los porcentajes de germinación entre las dos localidades ($p < 0,001$), pero si existen diferencias entre meses ($p < 0,0001$), y hay una interacción entre localidad y meses ($p < 0,0001$),

indicando que existen diferencias significativas durante algunos meses entre las germinaciones de Quebraleña y San Salvador de Jujuy. No se observan diferencias significativas entre árboles semilleros ($p = 0,742512$), por lo que distintos árboles semilleros seleccionados presentan un poder germinativo similar.

Las diferencias entre las localidades de San Salvador y Quebraleña se observan en los meses abril y junio, siendo abril el mes de máxima germinación para San Salvador ($p < 0,05$) y en Quebraleña hubo la menor proporción de semillas germinadas en junio ($p < 0,01$; Fig. 4).

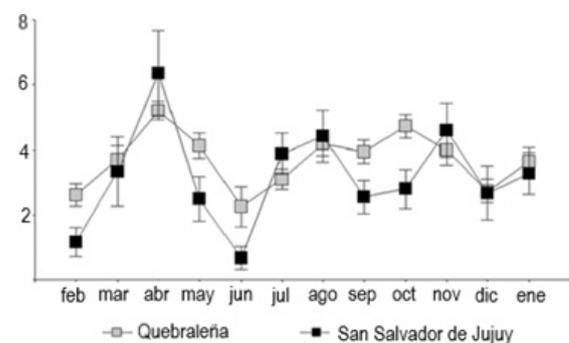


Figura 4. Porcentajes de germinación y su desviación estándar de *P. tomentella* en dos localidades (Quebraleña en gris y San Salvador de Jujuy en negro) a lo largo del tiempo, obtenidos de semillas provenientes de Quebraleña

Con respecto a la multiplicación agámica, todos los esquejes se secaron antes de cumplir los 40 días, sin presentar ningún signo de enraizamiento.

DISCUSIÓN

Los valores totales de germinación obtenidos son bajos (menor a 10%) y similares a otros para la especie: 2,7 % (Picchetti, Villafañe y Guzmán, 2004), 3,1% (Guzmán *et al.*, 2006), $3,8 \pm 3,1$ % (Cuyckens *et al.* en prensa) y $7,4 \pm 7,9$ % para Bolivia (Domic *et al.*, 2020) y para otras especies del género de ambientes áridos como *Polylepis pauta* Hieron. y *P. incana* (2-6%, Wesche *et al.*, 2008). En *P. australis* se atribuyó la gran cantidad de semillas no viables a la partenocarpia (Renison *et al.*, 2004; Selmann *et al.*, 2007). El bajo poder germinativo es un limitante para la regeneración del bosque tanto natural como por reforestación.

En el presente trabajo se obtuvieron semillas durante todo el año, con una disminución en septiembre, octubre y noviembre, coincidentemente con la etapa de floración y principio de la estación lluviosa. En departamento de Chuquisaca, Bolivia, una región semiárida, la especie florece durante la estación seca (mayo-octubre) y produce frutos desde finales agosto a diciembre (Domic *et al.*, 2013). Es posible que el clima con una estación seca muy pronunciada durante los meses de mayo a octubre (Ibisch, Beck, Gerkmann, & Carretero, 2003) limita la floración (Domic *et al.*, 2013).

En este trabajo, de acuerdo con la hipótesis planteada, no se encontraron diferencias entre diferentes épocas del año. Es posible que el cuidado en invernáculo, particularmente el riego aplicado ayude a anular una posible diferencia natural de sequía en su lugar nativo. Sin embargo, en condiciones naturales, tanto Guzmán (1999) como Nina *et al.* (2004) mencionan el verano y principios de otoño (los meses de diciembre a marzo) como la estación para la germinación, coincidente con las lluvias. Contradictoriamente, Arrueta & Choque (2014) encontraron en Punilla, Sucre (Bolivia) que la especie germina en invierno. No es la primera vez que se encuentran diferencias entre localidades dentro de una misma especie de *Polylepis* (Cuyckens *et al.*, en prensa). En el presente estudio se trabajó en invernáculos y se obtuvieron germinaciones todo el año, pero contradictoriamente a los citados autores (Arrueta y Choque, 2014), estas disminuyeron durante la época invernal (junio, Fig. 2). Esto sugiere la existencia de adaptaciones intraespecíficas ambientales y la importancia de estudios locales para el manejo y conservación de las especies. Se puede realizar recolección de semillas en cualquier época del año, pero se recomienda plantar los plantines obtenidos in situ en época húmeda por el clima seco de Quebraleña, ya que experiencias previas en plantaciones sin riego fueron infructuosas (obs.pers.).

Contrariamente a nuestra hipótesis, no hubo diferencias entre localidades. Esto es positivo porque indica que con fines reproductivas se puede aumentar el esfuerzo al trabajar tanto en Quebraleña como en San Salvador de Jujuy. En la Facultad de Ciencias Agrarias, además, se encuentra con los materiales (balanza, regador, mantenimiento de invernáculo) y los profesionales que pueden hacer un seguimiento científico del trabajo, además del caudal de estudiantes que pueden aprovechar para hacer sus trabajos

de tesinas, voluntariados, etc. Por otro lado, el hecho de poder reproducir la especie *ex situ* abre la posibilidad de su reproducción en viveros comerciales. Los plantines de *Polylepis* podrían ser usados para futuras cortinas protectoras (actualmente, realizadas con especies exóticas como sauco (*Salix sp.*, obs.pers.), evitar la erosión (actualmente aplicado por la gente de Quebraleña) o como uso ornamental como se realiza con otras especies del género *Polylepis* a lo largo de su distribución (Tafí del Valle, Cusco en Perú, La Paz en Bolivia, etc.; obs.pers.). También se podrían realizar la reforestación o restauración de los ambientes naturales de *Polylepis*, y estudiar los potenciales efectos sobre la flora y fauna nativas. Sería interesante que se estudien estas y otras potenciales aplicaciones de la reproducción de *P. tomentella* y otras especies del género.

Tampoco se observaron diferencias en la germinación entre individuos semilleros, esto podría deberse a que realizó una selección de árboles de características similares pertenecientes a un mismo bosque, sin embargo, existen siempre diferencias entre árboles debido al micrositio (sombra por ejemplo) o la genética (Seltmann *et al.*, 2007). El tamaño de los árboles puede ser indicador del poder germinativo de la semilla (Seltmann *et al.*, 2007; Domic *et al.*, 202). Por lo tanto, con objetivos de reproducción se recomienda descartar las semillas pequeñas.

En cuanto a la reproducción agámica la técnica de esquejes sumergidos en agua es inadecuada para *P. tomentella*, ni en primavera como se planteó en la hipótesis. Sin embargo, Quispe-Callisaya (2013) obtuvo 52 y 40 % de prendimiento en esquejes de *P. besseri* utilizando como enraizantes naturales extracto de sauce y agua de coco en comparación a agua destilada. Podría ser interesante indagar si se puede aumentar el éxito en la producción de esquejes aplicando enraizantes naturales. Sin embargo, puede ser que la técnica no es apta para la especie, ya que existen diferencias entre especies de *Polylepis* en cuanto a la formación de rizomas, i.e. reproducción vegetativa, y esta sería naturalmente rara en *P. tomentella* (Kessler, 2000).

CONCLUSIÓN

Los valores de germinación obtenidos son muy bajos, sin embargo, la reproducción a través de semillas de *P. tomentella* puede llevarse a cabo

tanto *in situ* como *ex situ* y en todos los meses del año, aunque con mayor éxito en otoño, tanto en Quebraleña como en San Salvador. La reproducción por esquejes no fue exitosa.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la comunidad de Quebraleña y a la entonces directora de la Escuela N° 381, Miriam Mancini, brindando albergue y sustento durante el trabajo de campo. También deseo expresar mi agradecimiento al personal de maestría de la FCA/UNJu, Antonio Fernández, por su colaboración y ayuda brindada en los viajes a Quebraleña durante el trabajo de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, G. J., Johnson, S. D., Neal, P. R., & Bernardello, G. (2002). Reproductive Biology and Plant Systematics: The Growth of a Symbiotic Association. *Taxon*, 51(4), 637. doi: 10.2307/1555019
- Argibay, D., & Renison, D. (2018). Efecto del fuego y la ganadería en bosques de *Polylepis australis* (Rosaceae) a lo largo de un gradiente altitudinal en las montañas del centro de la Argentina. *Bosque (Valdivia)*, 39(1), 145-150. doi: 10.4067/S0717-92002018000100145
- Arribasplata Vargas, M. A. (2012). *Programa de forestación en las minas Arcata y Explorador en el departamento de Arequipa sobre los 4500 m.s.n.m con el forestal Polylepis tarapacana* (Tesis doctoral). Escuela de Post-Grado de la Universidad Nacional de Trujillo., Perú.
- Arrueta, M., & Choque, M. (2014). *Estudio preliminar de justificación para la restauración y conservación de bosques de queuña (Polylepis spp) en la comunidad de Punilla del municipio Sucre*. 16.
- Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2014). *Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination* (Second edition). San Diego, CA: Elsevier/AP.
- Braun, W. R., Picchetti, L. P. E., & Guzmán, G. F. (2004). Desaparición de Queñoales de la Puna jujeña (Noroeste argentino). *Agraria*, 11(6), 73-77.
- Buitrago, L. G., & Larrán, M. T. (1994). *El clima de la provincia de Jujuy*. Jujuy.
- Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi. (2011). *Queñoa el árbol de las alturas* (1.ª ed.). Chile: Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi. Recuperado de <http://www.collahuasi.cl/wp-content/uploads/2016/07/quenoa-arbol-de-las-alturas.pdf>
- Cuyckens, G. A. E., Ranison, D., López, V.C., Cellini, J.M., & Hensen, I. En prensa. Germination of high Andean treeline species of contrasting environments and along elevational gradients in northwest Argentina. *Neotropical Biodiversity*.
- Domic, A. I., Bernhardt, P., Edens-Meier, R., Camilo, G. R., & Capriles, J. M. (2017). Pollination Ecology of *Polylepis tomentella* (Rosaceae), an Andean Anemophilous Tree Presenting a Potential Floral Fungal Infection. *International Journal of Plant Sciences*, 178(7), 512-521. doi: 10.1086/692504
- Domic, A. I., Capriles, J. M., & Camilo, G. R. (2020). Evaluating the fitness effects of seed size and maternal tree size on *Polylepis tomentella* (Rosaceae) seed germination and seedling performance. *Journal of Tropical Ecology*, 36(3), 115-122. doi: 10.1017/S0266467420000061
- Domic, A. I., Mamani, E., & Camilo, G. (2013). Fenología reproductiva de la queuña (*Polylepis tomentella*, Rosaceae) en la puna semihúmeda de Chuquisaca (Bolivia). *Ecología en Bolivia*, 48(1), 31-45. doi: 10.25260/EA.18.28.1.1.516
- Fjeldså, J., & Kessler, M. (1996). *Conserving the biological diversity of Polylepis Woodlands of the highland of Perú and Bolivia*. Denmark: Nordeco.
- Flores, J., & Jurado, E. (2003). Are nurse-protégé interactions more common among plants from arid environments? *Journal of Vegetation Science*, 14(6), 911-916. doi: 10.1111/j.1654-1103.2003.tb02225.x
- Gareca, E. E., Hermy, M., Fjeldså, J., & Honnay, O. (2010). *Polylepis woodland remnants as*

- biodiversity islands in the Bolivian high Andes. *Biodiversity and Conservation*, 19(12), 3327-3346. doi: 10.1007/s10531-010-9895-9
- Gosling, W. D., Hanselman, J. A., Knox, C., Valencia, B. G., & Bush, M. B. (2009). Long-term drivers of change in *Polylepis* woodland distribution in the central Andes. *Journal of Vegetation Science*, 20(6), 1041-1052.
- Guzmán, G. F. (1999). *Influencia del pastoreo en la regeneración del bosque de Polylepis tomentella (queñoa) en la puna de Jujuy, Argentina* (Maestría en Conservación y Gestión del Medio Natural). UIA, España.
- Hartman, H. T., Kester, D. E., & Marino Ambrosio, A. (1985). *Propagación de plantas: Principios y prácticas*. México: CECSA.
- Ibisch, P. L., Beck, S. G., Gerkmann, B., & Carretero, A. (2003). Ecorregiones y ecosistemas. En *Biodiversidad: La riqueza natural de Bolivia* (pp. 47-88). FAN.
- Kessler, M. (1995). Present and potential distribution of *Polylepis* (Rosaceae) forests in Bolivia. *Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests*, 281-294.
- Kessler, M. (2000). Diversidad, evolución y distribución del género *Polylepis* (Rosaceae). *Libro de Resúmenes*, 25. Cochabamba, Bolivia.
- Lloyd, H., & Marsden, S. J. (2008). Bird community variation across *Polylepis* woodland fragments and matrix habitats: Implications for biodiversity conservation within a high Andean landscape. *Biodiversity and Conservation*, 17(11), 2645-2660. doi: 10.1007/s10531-008-9343-2
- Marcora, P., Hensen, I., Renison, D., Seltmann, P., & Wesche, K. (2008). The performance of *Polylepis australis* trees along their entire altitudinal range: Implications of climate change for their conservation. *Diversity and Distributions*, 14(4), 630-636. doi: 10.1111/j.1472-4642.2007.00455.x
- Morales, L. V., Fuentealba, B., Sevillano, C. S., Gómez, M. I., Segovia-Salcedo, C., Renison, D., ... Hensen, I. (2018). Oportunidades para acercar la ciencia a la práctica de la restauración de bosques y arbustales de *Polylepis*. *Ecología Austral*, 28(1(bis)), 291-300.
- Nina, R., Marino, F., & Veliz, R. (2004). *Establecimiento de fuentes semilleras de Polylepis tomentella, Acacia feddeana y Prosopis ferox en el departamento de Potosí* (p. 82). Potosí, Bolivia: Universidad Autónoma «Tomás Frías».
- Palanisamy, K., & Kumar, P. (1997). Effect of position, size of cuttings and environmental factors on adventitious rooting in neem (*Azadirachta indica* A. Juss). *Forest Ecology and Management*, 98(3), 277-280. doi: 10.1016/S0378-1127(97)00116-3
- Picchetti, L. P. E., Villafañe, B. S., & Guzmán, G. F. (2004). Ensayos de germinación en *Polylepis* spp. (Rosaceae) «queñoa» de rodales de la Puna Jujeña. *Agraria*, 1(5), 71-75.
- Pinos, J. (2020). *Challenges and conservation implications of Polylepis woodlands in the Andean region: Defining actions for sustainable management*. 11.
- Portugal, C. (2015). Un bosque que crece en los cielos. *Biodiversidad y Empresas*, 1, 3-11.
- Purcell, J., & Brelford, A. (2004). Reassessing the causes of decline of *Polylepis*, a tropical subalpine forest. *Ecotropica*, 10, 155-158.
- Quispe Callisaya, M. E. Q. (2013). *Propagación vegetativa de esquejes de Queñua (Polylepis besseri Hieron) en base a la aplicación de dos enraizadores naturales y tres tipos de sustratos en el vivero de la comunidad de Huncané*. 117.
- R Development Core Team. (2012). *The R Project for Statistical Computing* (Versión 2.15.2). Viena, Austria. Recuperado de <http://www.r-project.org/>
- Renison, D., Cuyckens, G. A. E., Pacheco, S., Guzmán, G. F., Grau, H. R., Marcora, P., ... Hensen, I. (2013). Distribución y estado de conservación de las poblaciones de árboles y arbustos del género *Polylepis* (Rosaceae) en las montañas de Argentina. *Ecología austral*, 23(1), 27-36.
- Renison, D., Hensen, I., & Cingolani, A. M. (2004).

- Anthropogenic soil degradation affects seed viability in *Polylepis australis* mountain forests of central Argentina. *Forest Ecology and Management*, 196(2-3), 327-333. doi: 10.1016/j.foreco.2004.03.025
- Renison, D., Herrero, M. L., Torres, R., Suarez, R., Friedlander, P., Navarro Ramos, S. E., ... Cingolani, A. M. (2016). El rol de los voluntariados en la restauración ecológica del centro argentino. En *Más allá de la ecología de la restauración: Perspectivas sociales en América Latina y el Caribe* (pp. 55-171). Buenos Aires: Vázquez Manzini Editores.
- Renison, Daniel, & Cingolani, A. M. (1998). Experiencias en germinación y reproducción vegetativa aplicados a la reforestación con *Polylepis australis* (Rosaceae) en las Sierras Grandes de Córdoba, Argentina. *Agriscientia*, XV, 47-53.
- Roach, D. A., & Wulff, R. D. (1987). Maternal Effects in Plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1, 209-235.
- Sánchez, J. A. (2000). *Determinación de la longevidad de semillas de las especies forestales nativas aliso (Alnus acuminata H.B.K.) y Quewiña (Polylepis tomentella Weddell)* (De grado). Universidad Autónoma «Tomás Frías», Facultad de Ciencias Agrícolas y pecuarias, Carrera de Agronomía, Potosí, Bolivia.
- Segovia, A. D., Speranza, F. C., & Malizia, L. R. (2012). *Relevamiento de bosques en la Quebrada de Humahuaca y Puna, provincia de Jujuy* (p. 18) [Informe final de consultoría]. Jujuy: Unidad de Gestión de Bosques Nativos, Dirección Provincial de Biodiversidad Secretaría de Gestión Ambiental, Provincia de Jujuy.
- Segovia-Salcedo, M. C., Domic, A., Boza, T., & Kessler, M. (2018). Situación taxonómica de las especies del género *Polylepis*. Implicancias para los estudios ecológicos, la conservación y la restauración de sus bosques. *Ecología Austral*, 28(1bis), 188-201. doi: 10.25260/EA.18.28.1.1.527
- Seltmann, P., Leyer, I., Renison, D., & Hensen, I. (2007a). Variation of seed mass and its effects on germination in *Polylepis australis*: Implications for seed collection. *New Forests*, 33(2), 171-181. doi: 10.1007/s11056-006-9021-8
- Seltmann, P., Leyer, I., Renison, D., & Hensen, I. (2007b). Variation of seed mass and its effects on germination in *Polylepis australis*: Implications for seed collection. *New Forests*, 33(2), 171-181. doi: 10.1007/s11056-006-9021-8
- Sevillano Ríos, C. S., Rodewald, A. D., & Morales, L. V. (2018). Ecología y conservación de las aves asociadas con *Polylepis*: ¿qué sabemos de esta comunidad cada vez más vulnerable? *Ecología Austral*, 28(1bis), 216-228. doi: 10.25260/EA.18.28.1.1.519
- Simpson, B. B. (1979). A revision of the Genus *Polylepis* (Rosaceae, Sanguisorbaceae). *Smithsonian Contrib. Bot.*, 43, 1-62.
- Tinoco, B. A., Astudillo, P. X., Latta, S. C., Strubbe, D., & Graham, C. H. (2013). Influence of Patch Factors and Connectivity on the Avifauna of Fragmented *Polylepis* Forest in the Ecuadorian Andes. *Biotropica*, 45(5), 602-611. doi: 10.1111/btp.12047
- Wesche, K., Cierjacks, A., Assefa, Y., Wagner, S., Fetene, M., & Hensen, I. (2008). Recruitment of trees at tropical alpine treelines: *Erica* in Africa versus *Polylepis* in South America. *Plant Ecology & Diversity*, 1(1), 35-46. doi: 10.1080/17550870802262166
- Zuur, A. F., Ieno, E. N., Walker, N. J., Saveliev, A. A., & Smith, G. (2009). *Mixed effects models and extensions in ecology with R*. New York: Springer.