

# HISTORIA NATURAL

Tercera Serie | Volumen 10 (2) | 2020/165-173

## ESTRUCTURA VERTICAL Y HORIZONTAL EN DOS BOSQUES DE *Polylepis tarapacana* CON DIFERENTES SITUACIONES AMBIENTALES

*Vertical and horizontal structure in two Polylepis tarapacana forests with different environmental conditions*

Victoria L. López<sup>1,2</sup>, Magalí P. Flores<sup>1,3</sup>, Sandra Sharry<sup>2</sup> y Juan M. Cellini<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CCT-CONICET), Calle 8 N° 1467, (1900), La Plata, Buenos Aires, Argentina. victoria.lopez@agro.unlp.edu.ar

<sup>2</sup> Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, LIMAD (Laboratorio de Investigación en Maderas), Edificio de Bosques, Diagonal 113 N° 469, (1900), La Plata, Buenos Aires, Argentina.

<sup>3</sup> Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, LISEA (Laboratorio de Investigación de Sistemas Ecológicos y Ambientales), Edificio de Bosques, Diagonal 113 N° 469, (1900), La Plata, Buenos Aires, Argentina.

**AZARA**  
FUNDACIÓN DE HISTORIA NATURAL

**umai** Universidad  
Maimónides

**Resumen.** En la Provincia fitogeográfica Altoandina en Salta y Jujuy, la vegetación es estructuralmente homogénea y poco diversa, donde la queñoa, *Polylepis tarapacana*, es la única especie que presenta porte arbóreo. Identificar los cambios en la composición y estructura forestal es importante para conocer cómo estos bosques responden a gradientes ambientales, lo cual puede ser útil para plantear estrategias de restauración y conservación de la biodiversidad, entre otras cosas. Se comparó la estructura vertical y horizontal en dos bosques de *P. tarapacana* en Granadas (G) a 4747,6 ms.n.m y Laguna Larga (LL) a 4610,9 ms.n.m en Jujuy, Argentina. Los resultados sugieren una mayor ocupación y desarrollo del sitio G en relación a LL. Para los sitios estudiados, un aumento en la altura promedio de árboles presentó una relación positiva con la densidad, manteniendo el porcentaje de renovales similar en ambas zonas (735 n.ha<sup>-1</sup> en G y 731 n.ha<sup>-1</sup> en LL). Ambos sitios mostraron gran cantidad de suelo desnudo y rocas. Es necesaria la continuación de estudios sobre la estructura de estos bosques y su relación con características ambientales, para comenzar a entender su ecología.

**Palabras clave.** Estructura forestal, sotobosque, Queñoa, Altoandina.

**Abstract.** In the Altoandina phytogeographic province in Salta and Jujuy vegetation is structurally homogeneous and low diverse; the queñoa, *Polylepis tarapacana*, is the only species that presents arboreal size. Identifying changes in forest composition and structure is important to know how they respond to environmental gradients, which may be useful to set restoration and biodiversity conservation strategies, between other things. In this study, vertical and horizontal structure is compared in two forests of *P. tarapacana* with contrasting environmental differences in an environmental gradient. Plots were installed in Granadas (G) at 4747.6 masl and Laguna Larga (LL) at 4610.9 masl in Jujuy, Argentina, with contrasting environmental differences where the vertical and horizontal structure were surveyed, presenting values that suggest a greater occupation and development of site G in relation to LL. For the studied sites, an increase in average tree height shows a positive relationship with density, maintaining the similar percentage of renewals in both zones (735 n.ha<sup>-1</sup> in G and 731 n.ha<sup>-1</sup> in LL). Both sites show a high percentage of bare soil and rocks. It is necessary to continue studies on the structure of these forests and their relationship with environmental characteristics, in order to begin to understand their ecology.

**Key words.** Forest structure, understory, Queñoa, Altoandina

## INTRODUCCIÓN

En las provincias de Salta y Jujuy, la provincia fitogeográfica Altoandina se extiende por las altas cumbres de la cordillera de los Andes, entre los 4400 y 5500 ms.n.m ocupando las laderas de las montañas y las altas mesetas, sobre suelos inmaduros, rocosos o arenosos (Wawrzyk, 2013). Esta provincia fitogeográfica, presenta un clima frío y seco con precipitaciones en forma de nieve o de granizo en cualquier época del año (Cabrera, 1971). *Polylepis tarapacana* Phil. (Rosaceae: Sanguisorbeae) es la única especie de porte arbóreo, en sitios con 200 a 400 mm de precipitación anual en exposiciones este y sudeste (Mendoza, 2008). Crece en pendientes con suelo volcánico, formando bosqucillos de hasta 3 metros de altura (Kessler, 2006). A nivel mundial *P. tarapacana* es la especie de porte arbóreo que se desarrolla a mayor altitud (Cuyckens *et al.*, 2016). En Argentina, estos bosques se encuentran entre 4000 y 4800 ms.n.m (Morales *et al.*, 2004). Su distribución es fragmentada y se encuentra en retroceso, debido al impacto antrópico de las comunidades locales (Cuyckens *et al.*, 2016).

La estructura de los bosques es un factor importante en el análisis de crecimiento, funcionalidad y disturbios (Harrod *et al.*, 1999). La estructura vertical incluye su diferenciación en capas entre el suelo y el dosel, mientras que la estructura horizontal se compone de la distribución por tamaño del diámetro de las especies consideradas individualmente o como comunidad (Bourgeron, 1983). Los estudios que describen la estructura en bosques de *Polylepis tarapacana* son escasos, sin existir citas para la República Argentina (Renison *et al.*, 2018). Relacionar las diferencias en la estructura de *P. tarapacana* con el ambiente es el primer paso para generar conocimientos sobre su dinámica.

Al mismo tiempo, identificar los cambios en la composición y estructura forestal es importante para conocer cómo los bosques responden a gradientes ambientales (Woods, 2000; Uriarte *et al.*, 2004), lo cual puede ser útil para plantear estrategias de restauración y de conservación de la biodiversidad o planificar el uso sustentable del territorio.

El objetivo de este trabajo es describir y comparar la estructura vertical y horizontal en dos bosques de *Polylepis tarapacana* que presentan diferencias ambientales en la Provincia de Jujuy, Argentina.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los muestreos se realizaron en dos zonas pertenecientes al departamento de Rinconada, Provincia de Jujuy, Argentina (Figura 1). Se trabajó en dos sitios donde se desarrollan bosques de *P. tarapacana*, ubicados en el cerro Granadas (G) (22°33'26'' S, 66°34'38'' W) y en las inmediaciones de Laguna Larga (LL) (22°30'12'' S, 66°40'02'' W) (Figura 1), separados por una distancia de 11,5 km. Los bosques relevados corresponden a una porción elevada de su distribución altitudinal. La zona del cerro Granadas se encuentra a una altitud de 4700 ms.n.m aproximadamente, con exposición W y pendiente moderada. A su vez, la zona de LL, se encuentra a 4600 ms.n.m aproximadamente, con una exposición SE y mayor pendiente.

La temperatura media anual, en esta zona, no supera los 10 °C, mientras que la amplitud térmica diaria puede alcanzar los 25 °C, debido a la intensa radiación solar y a la altitud. Las temperaturas oscilan entre 23 °C (máxima media del mes de enero) y -6 °C (mínima media en julio), mientras que las precipitaciones se concentran en los meses de verano, alcanzando en promedio los 200 mm anuales (Wawrzyk, 2013).

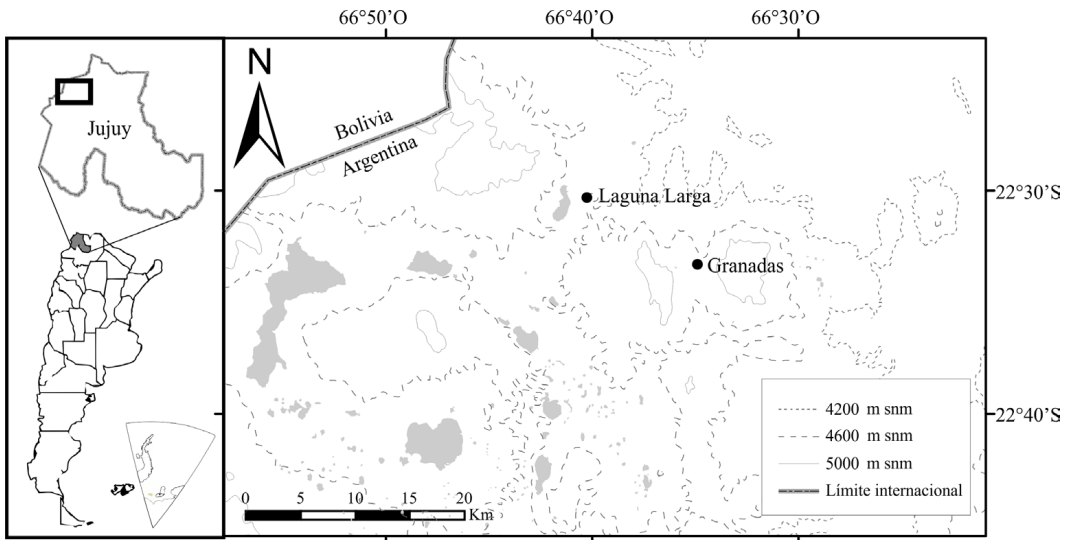


Figura 1 - Ubicación de las parcelas muestreadas de *Polyilepis tarapacana*.

En cada bosque se instalaron al azar parcelas rectangulares de área variable (Martínez Pastur *et al.*, 2012). Se caracterizó la pendiente, exposición, altitud y se determinó la Zona de Vida mediante la metodología propuesta por Derguy *et al.* (2016) (Holdridge, 1959). Se instalaron 3 parcelas por sitio y en cada una se registraron 20 individuos de *P. tarapacana* correspondiendo a clases de tamaños: árboles (A: individuos con una altura mayor o igual a 1,3 m), arbustos (Ar:  $< 1,3 \geq 0,2$  m) y renovales (R:  $< 0,2$  m). Se relevaron los diámetros en la base (DAB - cm) y los diámetros a la altura de 1,30 m (DAP) de cada individuo y altura (HT - m) correspondiente al DAB medido. En la clase de tamaño Ar se midió el DAB y la HT de cada rama de cada individuo. Se determinó la densidad de individuos (árboles.ha<sup>-1</sup>) y de ramas (ramas.ha<sup>-1</sup>), área basal (AB - m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>), altura media (m) y altura dominante (AMD - m), (promedio de los tres árboles más altos por parcela). Se clasificaron los individuos por su estado sanitario en 3 tipos: 1) vigor bajo (más de un 50 % del follaje de color verde claro, más del

50 % de las ramas muertas y más de un 50 % de la sección del tronco muerto), 2) vigor intermedio (menos del 50 % del follaje de color verde claro, menos del 50 % de las ramas muertas y menos del 50 % de la sección del tronco muerto) y 3) sano (follaje verde intenso, sin ramas muertas y sin daños en el tronco). El muestreo del sotobosque de *P. tarapacana* y características del suelo se realizó siguiendo el método de intersección puntual (Brancaleoni *et al.*, 2003).

Se determinaron las características físico-químicas de los suelos, para la cual se extrajo una muestra compuesta de 4 submuestras a lo largo de las parcelas de intersección puntual. Se colectó material del suelo mineral entre 10 y 30 cm de profundidad. Las muestras se procesaron y se determinó el pH, conductibilidad eléctrica, materia orgánica y contenido de nitrógeno.

Las diferencias entre los gradientes ambientales para las distintas variables estructurales estudiadas se realizaron mediante un análisis de ANOVA. Asimismo, se realizó una regresión lineal comparando altura de los individuos y el DAB en los dos sitios.

RESULTADOS

Se observaron diferencias ambientales entre los sitios estudiados. Granadas (G) se encuentra en la zona de vida TSDS (*Tropical sub alpine dry scrub*), con biotemperatura basal de 24-30°C, biotemperatura de 3-6°C y precipitación anual 125-250 mm, se encuentra en una altitud de 4747,6 ms.n.m, exposición W (265°) y pendiente de 15°. A diferencia de G, Laguna Larga (LL) se encuentra en la zona de vida TAMT (*Tropical alpine moist tundra*), lo que indica que es un sitio más frío y se encuentra a menor altitud que G (4610,9 ms.n.m) con una exposición SE (156°) y mayor pendiente (20°). La estructura forestal de los sitios sugiere una mayor ocupación y desarrollo de G en relación a LL (Tabla 1). En G la densidad, así como la AMD y el AB al DAP y DAB sugieren una mayor ocupación en la clase A (árboles). Sin embargo, en LL la clase Ar (arbustos) presentó mayor valor de AB al DAB, aunque se registró menor densidad, sugiriendo un mayor tamaño de los individuos. En cuanto a R (renovales), aunque el AB DAB en LL duplica la de G; en la densidad se hallaron valores similares para los dos sitios estudiados.

Las frecuencias por clases de altura muestran patrones diferentes en los sitios de estudio. En LL los renovales presentaron la mayor proporción de ramas (40,9 %)

indicando un alto grado de ocupación de la regeneración (Figura 2) en comparación con G (24,7 %). En ambos sitios la distribución de las alturas presentó una máxima densidad para plantas menores a 80 cm. Por otro lado, la densidad de ramas mayores a 130 cm representa en G un 10,8 % y un 0,9 % para LL del total de ramas, en donde se observa que G es un bosque más alto, con una altura promedio total de 74,2 cm. Esto también se verifica con el ANOVA para los individuos de la clase A, donde en G la altura y el DAP son significativamente mayores que en LL (Tabla 2).

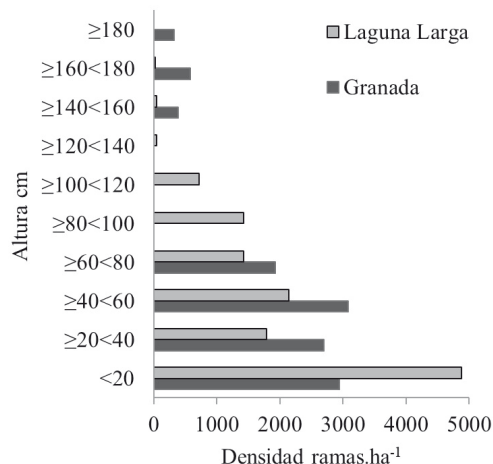


Figura 2 - Frecuencias de densidad de ramas para diferentes clases de altura en bosques de *P. tarapacana*.

Tabla 1- Estructura forestal por clases de altura en bosques de *P. tarapacana*.

Clases	D	D	AB DAP	AB DAP	AB DAB	AB DAB	AMD	AMD
	G	LL	G	LL	G	LL	G	LL
A	384	73	1,40	0,01	23,77	2,70	210,6	163,7
Ar	1538	1071	-	-	7,76	26,05	-	-
R	735	731	-	-	0,05	0,12	-	-
Total	2657	1875	1,40	0,01	31,58	28,87	210,6	163,7

Clases: A= Árbol; Ar= Arbusto; R= Renoval; D= Densidad= número de árboles por hectárea (n.ha<sup>-1</sup>); G= Granada; LL= Laguna Larga; AB DAP = Área basal medida a 1,3 m de altura (m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>); AB DAB= Área basal medida en la base (m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>); AMD= altura media dominante (cm).

Classes: A = Tree; Ar = Shrub; R = Sapling; D = Density = number of trees per hectare (n.ha<sup>-1</sup>); G = Granada; LL = Laguna Larga; AB DAP = Basal area measured at breast height (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>); AB DAB = Basal area measured at the base (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>); AMD = top height (cm).

**Tabla 2** - Análisis de varianza de características estructurales por clases de altura en dos bosques de *P. tarapacana*.

Variables	G	LL	F	p
H A	171,4 ± 4,2 a	144,6 ± 4,9 b	17,24	0,0002
H Ar	45,7 ± 5,3 a	64,9 ± 5,0 b	6,91	0,0120
H R	5,6 ± 1,1 a	10,8 ± 1,1 b	11,52	0,0016
DAP A	3,0 ± 0,4 a	1,0 ± 0,5 b	11,63	0,0017
DAB A	13,7 ± 1,7	16,7 ± 1,9	1,32	0,2581
DAB Ar	3,1 ± 0,7 a	5,4 ± 0,6 b	6,62	0,0139
DAB R	0,4 ± 0,1	0,5 ± 0,1	0,29	0,5905
V A	2,5 ± 0,1 a	2,1 ± 0,1 b	4,35	0,0447
V Ar	2,9 ± 0,1 a	2,2 ± 0,1 b	24,83	0,0000
V R	3,0 ± 0,1	2,9 ± 0,1	0,29	0,5900

H= Altura de individuos (cm), Clases: A= Árbol, Ar= Arbusto, R= Renoval, DAP= Diámetro a 1,3 m de altura (cm), DAB= diámetro en la base (cm), V= Vigor (1 malo, 2 medio, 3 bueno), G= Granada, LL= Laguna Larga, p: probabilidades límites en ANOVA. \*: p < 0,05; \*\*: p < 0,01; \*\*\*: p < 0,001; ns: p > 0,05. Letras diferentes en cada fila indican diferencias significativas (Tukey, p < 0,05).

H= Height of trees (cm), Classes: A= Tree, Ar= Shrub, R= Sapling, DAP = Diameter at breastheight (cm), DAB = diameter at the base (cm), V = Vigor (1 bad, 2 medium, 3 good), G = Granada, LL = Laguna Larga, p: Probability level, \*: p < 0,05; \*\*: p < 0,01; \*\*\*: p < 0,001; ns: p > 0,05. In each row, different letters indicate significant differences (Tukey, p < 0,05).

Para Ar y R, la altura de los individuos presentó diferencias significativas, siendo mayor en LL, indicando un mayor desarrollo de los arbustos (Figura 2). El DAB de A y R no presentaron diferencias, pero en Ar los ejemplares de LL fueron mayores. En cuanto al vigor, el estado sanitario de los ejemplares de G es mejor en comparación con LL, excepto en el vigor de R, que presentó un buen estado sanitario en ambos sitios.

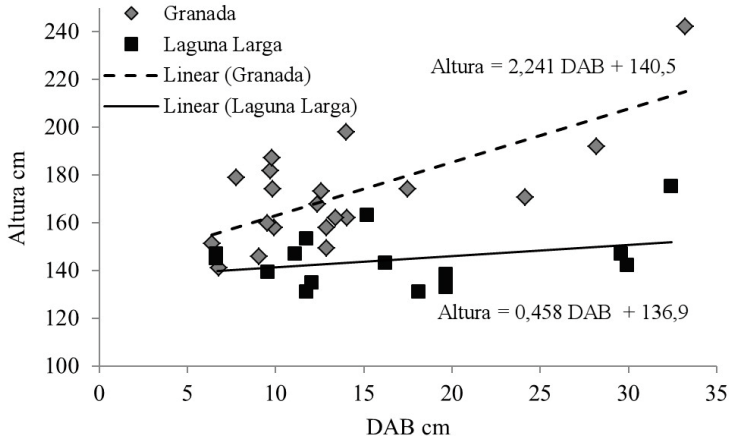
De las regresiones lineales entre altura y DAB en A se obtuvo pendiente positiva y significativa en G ( $R^2 = 49,29$ ,  $F = 17,5$ ,  $p = 0,0006$ ) y no significativa en LL ( $R^2 = 10,00$ ,  $F = 1,44$ ,  $p = 0,2508$ ).

En G el 15 % de los individuos presenta un hábito monofustal y un 85 % multifustal, a diferencia de LL que presenta 100 % de individuos de hábito multifustal.

En cuanto al sotobosque, G presentó un alto porcentaje de Poaceae (20 %) como también de *P. tarapacana* (12 %), a dife-

rencia de LL donde se observaron menores coberturas (4 % y 8 % respectivamente). LL presentó un mayor porcentaje de roca (38 %) y glera o grava (48 %) (piedras sueltas de diversos tamaños depositadas en superficie o semifijas al suelo), en comparación con lo visto en G (14 y 38 % respectivamente). En cuanto a la cobertura de hojarasca, fue muy similar entre ambos sitios (G= 12 % y LL= 14 %). También es notable el alto porcentaje de suelo desnudo en ambos sitios, con un total de 66 % en LL y 78 % en G.

Con respecto al análisis de suelo, este presentó un pH y porcentaje de materia orgánica (MO) similares entre los sitios estudiados (LL pH= 6,68 y G= 6,45 mientras que la MO fue de 0,56 % en LL y 0,58 % en G). Con respecto al contenido de nitrógeno, ambos sitios mostraron valores bajos (0,03 % en LL y 0,07 % en G). La conductividad eléctrica también fue baja en ambos sitios, con 0,56 % en LL y 0,58 % en G.



**Figura 3** - Regresión entre altura y DAB de árboles en ambos sitios.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

En los bosques de *Polylepis tarapacana* estudiados en este trabajo, la densidad media de A y Ar, es mayor en G, coincidiendo con los resultados de Saavedra (2013) y Domic y Capriles (2009) donde la densidad de árboles mayores a 1 m aumenta con la altitud. Existe una relación negativa entre la altura promedio y la densidad de individuos (Saavedra, 2013). Para los sitios estudiados, un aumento en la altura promedio presenta una relación positiva con la densidad, manteniendo la densidad de renovales similar (735 en G y 731 en LL). Los renovales no son el mayor componente de densidad, A y Ar son los que difieren entre sitios, con una mayor altura promedio en G.

Las pendientes donde se desarrolla *P. tarapacana* se consideran moderada a pronunciada (15 a 20°) (Saavedra, 2013), las observadas aquí corresponden a valores extremos, 15° en G y 20° en LL. A mayores pendientes, la densidad aumenta hasta la mayor frecuencia observada (Saavedra, 2013). En nuestro caso, si bien la inclinación de ambas pendientes es pronunciada, ni la

mayor densidad poblacional ni la mayor cobertura se observa en la parcela de mayor pendiente. De todos modos, esto puede deberse a que la mencionada parcela se encuentra a una menor altitud (4610 ms.n.m) siendo quizás la altitud la variable ambiental que mayor influencia presenta.

Con respecto a la exposición, Choque (2010) plantea que las poblaciones de *P. tarapacana* se encuentran distribuidas preferentemente en exposiciones oeste y noroeste. Sin embargo, Piña (2015) describe formaciones en un amplio gradiente de exposiciones en la distribución de la especie, coincidiendo con los resultados hallados en el presente trabajo donde las parcelas mostraron exposiciones casi opuestas (W [265°] en G y SE [156°] en LL). Hoch y Körner (2005) observaron que *P. tarapacana* alcanza las altitudes más altas en laderas cálidas y secas (N), sin árboles en las laderas más húmedas (S).

La mayor proporción de individuos multifustales que presentan ambos sitios puede compararse con lo observado por Choque (2010) donde los hábitos más comunes corresponden a “arbustivo y plurifustal”, dis-



tinguiendo en un solo sector, árboles con “crecimiento monofustal”. Sin embargo, Saavedra (2013) observó que el hábito monofustal se manifiesta en todo el rango de altitud. Podría esperarse que esta variación fisonómica sea una adaptación a las condiciones de sitio que se manifiesten en cada área en que esta especie se desarrolla (Saavedra, 2013). El sitio G presenta una mejor calidad de sitio, dado que se encontró un porcentaje de individuos con hábito monofustal y una mayor AMD. Además, Renison *et al.*, (2013) comenta que G fue la localidad con los bosques mejor conservados, las coberturas de bosque alcanzaron un 30 %, con individuos de hasta 3 m mostrando resultados similares a los aquí presentados.

La sanidad de los individuos por lo general es buena. Sin embargo, G muestra un estado más vigoroso de A y Ar que en LL, donde la mayoría de los individuos muestra un vigor regular, observado por la sequedad y ausencia de follaje en partes de las ramas, principalmente en individuos maduros. Esto se lo puede relacionar a lo mencionado anteriormente sobre las características ambientales de G, debido al hecho de que presenta una buena calidad de sitio (Saavedra, 2013).

El pH neutro para ambas zonas, se corresponde con las investigaciones de Saavedra (2013) donde el pH del suelo en las inmediaciones de los bosques de *P. tarapacana* alcanza un valor de 5,8.

Cabe señalar que, si bien son escasos los trabajos sobre la abundancia del sotobosque en estos ecosistemas en Argentina, la comunidad clímax está caracterizada por una estepa herbácea (Cabrera, 1971; Wawrzyk, 2013). En nuestro estudio, en G hay un predominio de *Poaceae* a diferencia de lo que encontramos en LL, con mayor porcentaje de otras especies del sotobosque. Ambos sitios muestran un alto porcentaje de suelo desnudo y rocas, aunque en LL el porcentaje de roca y grava es mayor. La

mayor proporción de roca tiene importantes implicancias en el desarrollo de la especie; según Kleier y Lambrinos (2005) la temperatura del aire justo por encima del suelo es más cálida cuando las rocas comprenden más de la cobertura del suelo que la arena o el suelo desnudo. Asimismo, explican que una gran roca reducirá la evaporación del suelo y las fluctuaciones de temperatura. Sin embargo, se observa que en G se encuentra un mayor porcentaje de renovales, pero no así mayor porcentaje de roca y grava, y a su vez posee mayor cobertura de *Poaceae* y de *P. tarapacana*, que compiten con la regeneración (Balandier *et al.*, 2006). Es necesario continuar con estudios sobre la estructura de estos bosques y su relación con características topográficas y ambientales, sobre todo del suelo donde aparecen estas formaciones, dado que la bibliografía es escasa al respecto, siendo necesario realizar estudios híbridos que repitan manipulaciones experimentales para contribuir al entendimiento de la ecología de estos bosques y generen aportes sólidos a su conservación y restauración (Renison *et al.*, 2018).

## BIBLIOGRAFÍA

- Balandier, P., Collet, C., Miller, J., Reynolds, P. y Zedaker, S. (2006). Designing forest vegetation management strategies based on the mechanisms and dynamics of crop tree competition by neighboring vegetation. *Forestry*, 79, 3-27.
- Brancaleoni, L., Strelin, J. y Gerdol, R. (2003). Relationships between geomorphology and vegetation patterns in subantarctic Andean tundra of Tierra del Fuego. *Polar Biology*, 26, 404-410.
- Bourgeron, P.S. (1983). Spatial aspects of vegetation structure. En: F.B. Golley. (Ed.), *Tropical Rainforest Ecosystems: Structure and Function* (pp. 29-48.). Amsterdam, Países Bajos: Elsevier
- Cabrera, A.L. (1971). Fitogeografía de la Argentina. *Boletín de la sociedad argentina de botánica*, 14 (1-2), 1-42.



- Choque, A. (2010). Evaluación del estado de conservación y propuesta de manejo silvicultural en formaciones naturales de queñoa de altura (*Polylepis tarapacana* Phil.) en la Reserva Nacional Alto Loa, Región de Antofagasta. Santiago, Chile, Memoria Ing. Forestal, Facultad de Ciencias Forestales y de Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile.
- Cuyckens, G.A.E., Christie, D.A., Domic, A.I., Malizia, L.R. y Renison, D. (2016). Climate change and the distribution and conservation of the world's highest elevation woodlands in the South American Altiplano. *Global and Planetary Change*, 137, 79-87.
- Derguy, M.R., Drozd, A., Arturi, M.F., Martinuzzi, S., Toledo, L. y Frangi, J.L. (2016). Aplicación del modelo de clasificación ecológica de Holdridge para la República Argentina a partir del análisis espacial de datos (pp. 475-488). En: XVII Simposio Internacional SELPER. Puerto Iguazú, Argentina.
- Domic, A. y Capriles, J. (2009). Allometry and effects of extreme elevation on growth velocity of the Andean tree *Polylepis tarapacana* Philippi (Rosaceae). *Plant Ecology*, 205, 223-234.
- Harrod, R.J., McRae, B.H., y Hartl, W.E. (1999). Historical stand reconstruction in ponderosa pine forests to guide silvicultural prescription. *Forest Ecology and Management*, 114, 433-446.
- Hoch, G. y Körner, C. (2005). Growth, demography and carbon relations of *Polylepis* trees at the world's highest treeline. *Functional Ecology*, 19, 941-951.
- Holdridge, L.R. (1959). Simple method for determining potential evapotranspiration from temperature data. *Science*, 130(3375), 572-572.
- Kessler, M. (2006). Bosques de *Polylepis*. En: M. Moraes, B. Øllgaard, L.P. Kvist, F. Borchsenius y H. Balslev. (Eds.), *Botánica Económica de los Andes Centrales* (pp. 110-120). La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés.
- Kleier, C. y Lambrinos, J.G. (2005). The importance of nurse associations for three tropical alpine life forms. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 37(3), 331-336.
- Martínez Pastur, G., Jordán, C., Soler, R., Lencinas, M.V., Ivancich, H. y Krepis G. (2012). Landscape and microenvironmental conditions influence over regeneration dynamics in old-growth *Nothofagus betuloides* Southern Patagonian forests. *Plant Biosystems*, 146(1), 201-213.
- Mendoza, E.A. (2008). Descripción de la vegetación natural del NOA empleando la clasificación climática de Köppen. Tucumán, Argentina. Tesis de Licenciatura para optar al título de Licenciado en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán.
- Morales, M.S., Villalba, R., Grau, H.R. y Paolini, L. (2004). Rainfall-Controlled tree growth in high elevation subtropical treelines. *Ecology*, 85(11), 3080-3089.
- Piña, P.Z. (2015). Caracterización de hábitat y distribución espacial de formaciones boscosas de queñoa (*Polylepis tarapacana*) en los territorios del Parque Nacional Salar del Huasco, región de Tarapacá. *Biodiversidad*, 3, 12-20.
- Renison, D., Cuyckens, G.A.E., Pacheco, S., Guzmán, G.F., Grau, H.R., Marcora, P., Robledo, G., Cingolani, A.M., Domínguez, J., Landi, M., Bellis, L. y 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, 27-36.
- Renison, D., Morales, L., Cuyckens, G.A.E., Sevillano, S.S. y Cabrera, D.M. (2018). Ecología y conservación de los bosques y arbustales de *Polylepis*: ¿qué sabemos y qué ignoramos? *Ecología Austral*, 28, 163-174.
- Saavedra, J. (2013). Caracterización de la estructura poblacional de *Polylepis tarapacana* en sector cerro Chiguana, cuenca del salar de Surire, para establecer los lineamientos de un programa de restauración ecológica. Arica, Chile. Trabajo final para optar al grado de Magister en Ciencias Ambientales. Universidad de Tarapacá.
- Uriarte, M., Canham, C.D., Thompson, J. y Zimmerman, J.K. (2004). A neighborhood analysis of tree growth and survival in a hurricane-driven tropical forest. *Ecological Monographs*, 74, 591-614.
- Wawrzyk, A.C. y Vilá, B.L. (2013). Dinámica de pastoreo en dos comunidades de la puna de Jujuy, Argentina. Lagunillas del Farallon y Suripujio. *Revista de Antropología Chilena*, 45(2), 349-362.
- Woods, K.D. (2000). Dynamics in late-successional hemlock-hardwood forests over three decades. *Ecology*, 81, 110-126.

Recibido: 02/10/2019 - Aceptado: 06/03/2020 - Publicado: 08/09/2020