

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

Effect of fire and livestock on *Polylepis australis* (Rosaceae) woodlands along an altitudinal gradient in the mountains of central Argentina

Daihana Soledad Argibay **, Daniel Renison *

*Autor de correspondencia: * Universidad Nacional de Córdoba y CONICET, Instituto de Investigaciones Biológicas y Tecnológicas, Centro de Ecología y Recursos Naturales Renovables, Av. Vélez Sarsfield 1611, X5016GCA, Córdoba, Argentina, archibayds@gmail.com

SUMMARY

Factors associated with high altitudes, such as the decrease of air temperature, increase of soil humidity and reduced livestock intensity, could affect the response of vegetation to wildfires. The hypothesis that fires and livestock help to explain the altitudinal geographic distribution of *Polylepis australis* (locally called “tabaquillo”, Rosaceae) woodlands, disposing the species survival and vegetative regeneration to high lands because of low air temperature, high soil humidity and low livestock incidence was tested. Fire and livestock effects on adult trees of *P. australis* between 1,300 and 2,300 m a.s.l. after a fire of 60,000 ha occurred on September, 2013 in the mountains of central Argentina were recorded. The fire completely burned the crowns of 99.6 % of trees along the whole altitudinal gradient and post-fire survival after one year increased with the altitude from 20 to 50 % (N = 450; $P < 0.001$). The amount and size of basal resprouts increased, while the evidence of livestock browsing decreased with altitude (N = 74, $P < 0.05$). It was concluded that the altitudinal distribution of *P. australis* is influenced by wildfires and livestock, and the reduction of fire incidence could help to expand its distribution to lower altitudes.

Key words: altitude woodlands, wildfires, survival, resprout, browsing.

RESUMEN

Factores asociados a las mayores altitudes, como la disminución de la temperatura del aire, el aumento en humedad del suelo y la menor intensidad ganadera, pueden afectar la respuesta de la vegetación a incendios. Se puso a prueba la hipótesis que los incendios y la ganadería contribuyen a explicar la distribución geográfica altitudinal de los bosques dominados por *Polylepis australis* (“tabaquillo”, Rosaceae), predisponiendo una mayor supervivencia y regeneración vegetativa de la especie en zonas altas, debido a la menor temperatura del aire, mayor humedad del suelo y baja incidencia del ganado. Fueron registrados los efectos del fuego y la ganadería sobre árboles adultos de *P. australis* situados entre 1.300 y 2.300 m s.n.m. luego de un incendio de aproximadamente 60.000 ha ocurrido en septiembre de 2013 en las montañas del centro de la Argentina. Este incendio quemó totalmente el dosel del 99,6 % de los árboles a lo largo de todo el gradiente y la supervivencia un año después del fuego aumentó con la altitud de 20 a 50 % (N = 450; $P < 0,001$). La cantidad y el tamaño de los rebrotes basales aumentaron, mientras que el ramoneo del ganado disminuyó con la altitud (N = 74; $P < 0,05$). Se concluye que la distribución altitudinal de *P. australis* está influenciada por los incendios y la ganadería, por lo que con una reducción de la incidencia de incendios podría ampliarse su distribución hacia zonas más bajas.

Palabras clave: bosques de altura, incendio, supervivencia, rebrote, ramoneo.

INTRODUCCIÓN

La altitud puede afectar la respuesta de la vegetación a disturbios como el fuego y la herbivoría. En las montañas, con el aumento de la altitud disminuyen la temperatura del aire y la evapotranspiración, aumentando la cantidad de agua en el suelo (Körner y Paulsen 2004). A igualdad de otras condiciones, la severidad de los fuegos disminuiría con bajas temperaturas del aire y suelos húmedos, ya que se reduciría la incidencia del calor sobre los tejidos y la

combustibilidad de las plantas (Alessio *et al.* 2008, Alinari *et al.* 2015). Además, la presencia de herbívoros contribuye a disminuir la frecuencia e intensidad de los incendios al reducir la cantidad de material combustible, aunque retrasa la regeneración post fuego de especies arbóreas debido al ramoneo (Marcora *et al.* 2013, Alinari *et al.* 2015).

Es importante entender la interacción entre altitud, incendios y herbivoría porque las características meteorológicas asociadas a la altitud, condicionan el establecimiento y crecimiento de las plantas, mientras que los incendios y

los herbívoros consumen la biomasa vegetal aérea y, en conjunto, influyen sobre la estructura y composición de las comunidades (Díaz-Delgado *et al.* 2003, Bond *et al.* 2004). Si el incendio es intenso debido a condiciones asociadas a menores altitudes, un bosque puede convertirse en un pastizal, de lo contrario, a mayores altitudes es posible que se mantenga un mosaico de distintos estadios del ciclo de desarrollo del bosque (Giorgis *et al.* 2011). A su vez, durante la fase de iniciación y establecimiento del bosque, los rebrotes de los árboles son especialmente más vulnerables que la vegetación no quemada y los herbívoros se concentran en estos sitios quemados (Alinari *et al.* 2015).

En las montañas del centro de la Argentina el área de distribución geográfica de los bosques está influenciada por la topografía, altitud, fuego y ganadería (Cingolani *et al.* 2008, Alinari *et al.* 2015, Renison *et al.* 2015). Aunque hasta el momento no existen estudios que evalúen conjuntamente los efectos del fuego y la ganadería a lo largo de un gradiente altitudinal, una posible interacción, podría explicar discrepancias en la distribución geográfica de los bosques descritos en estudios realizados a nivel de población y de comunidades vegetales. Según estudios poblacionales sobre la especie arbórea que domina estos bosques, la mayor vitalidad de los árboles, crecimiento de los troncos y producción de semillas se encuentra alrededor de los 1.800 m s.n.m., lo que sugiere que la superficie ocupada por bosques debería ser mayor a esas altitudes (Marcora *et al.* 2008, 2013). Sin embargo, según estudios a nivel de comunidades vegetales, la superficie ocupada por bosques es mayor alrededor los 1.930 m s.n.m. (Cingolani *et al.* 2008, 2014). La diferencia altitudinal entre el óptimo deducido según vitalidad, crecimiento y producción de semillas y el óptimo observado de cobertura de bosques podría deberse a que los estudios poblacionales fueron realizados en árboles sin fuego y ramoneo recientes, mientras que los estudios a nivel de comunidades vegetales integran todos los factores considerados.

En estas montañas, el origen del fuego es mayoritariamente antrópico aunque también hay fuegos de origen natural (por rayos, Argañaraz *et al.* 2015) y el rebrote basal es la principal estrategia de regeneración post fuego (Torres *et al.* 2014). La especie que domina los bosques de altura en esta región es *Polylepis australis* Bitter ("tabaquillo", Rosaceae), un árbol endémico a la Argentina que se distribuye en las provincias de Salta, Jujuy, Tucumán, Catamarca, San Luis y Córdoba (Renison *et al.* 2013). A pesar de ser una especie heliófila no formaría banco de semillas en el suelo (Enrico *et al.* 2004) por lo que la regeneración post fuego dependería del rebrote de los troncos, ya que no presenta rebrote de raíz. Algunos bosques que se encuentran en posiciones topográficas bajas, con poca insolación, pendientes escarpadas y a mayores altitudes pueden ser inaccesibles al ganado doméstico, que es el herbívoro de mayor influencia en el ecosistema (Cingolani *et al.* 2008, Alinari *et al.* 2015).

Se puso a prueba la hipótesis que los incendios y la ganadería contribuyen a explicar la distribución altitudi-

nal de *P. australis* condicionando su mayor supervivencia y regeneración vegetativa a las zonas altas, debido a la menor temperatura del aire que reduciría la incidencia del fuego sobre los tejidos del árbol, a la mayor humedad del suelo que disminuiría la combustibilidad de las plantas, y a la baja incidencia del ganado en las zonas más altas e inaccesibles. El objetivo es evaluar, a lo largo de la altitud, en adultos de *P. australis* afectados por un fuego: (1) los patrones de dosel quemado, supervivencia y regeneración, y (2) la incidencia del ramoneo del ganado sobre la regeneración.

MÉTODOS

Área de estudio. El estudio se realizó en la ladera oeste de las Sierras Comechingones de Córdoba (2.500 m s.n.m., coordenadas: -32,1086; -64,9566). La precipitación anual fluctúa alrededor de los 840 mm, con el 83 % de la cantidad de lluvia concentrada en los meses más cálidos, entre octubre y abril. La temperatura media a 1.200 y 2.400 m s.n.m. es 13,7 y 9 °C, respectivamente, con mínima absoluta de -3,4 y -8,9 °C, y máxima absoluta de 32,8 y 24 °C, respectivamente (Marcora *et al.* 2008). El paisaje consiste en un mosaico de pajonales, céspedes de pastoreo, afloramientos rocosos, áreas erosionadas con superficies rocosas expuestas y bosques generalmente dominados por *P. australis* (Cingolani *et al.* 2004). Las principales actividades económicas son el turismo y la cría de ganado bovino, equino, caprino y ovino y no existen en la zona cantidades significativas de grandes herbívoros silvestres (Cingolani *et al.* 2008).

Colección de datos. Se estudiaron individuos de *P. australis* afectados por un incendio ocurrido en el mes de septiembre de 2013, que se extendió por aproximadamente 60.000 ha y abarcó un gradiente altitudinal desde los 900 a los 2.500 m s.n.m. (Argañaraz *et al.* 2016). El muestreo se realizó de septiembre a noviembre de 2014, durante la estación seca siguiente al evento del fuego, en una transecta de 0,02 x 3 km orientada de oeste a este siguiendo un arroyo desde los 1.300 a los 2.300 m s.n.m. (coordenadas de ambos extremos: -32,1004; -64,9721, y -32,1136; -64,9496). Fueron seleccionados individuos de *P. australis* mayores a 2 m de altura, porque producen mayor cantidad de semillas que individuos menores y, en consecuencia, su dinámica post fuego tiene mayor influencia en la población (Pollice *et al.* 2013).

En la transecta se definieron 45 segmentos cada 22 m de altitud sobre el nivel del mar y dentro de cada segmento se seleccionaron al azar 10 individuos (45 x 10 = 450 individuos). La localización (altitud y coordenadas geográficas) del individuo presente en el extremo inferior de cada segmento fue registrada con GPS Garmin 24. Además, fue seleccionado un subgrupo de 78 individuos vivos equitativamente distribuidos a lo largo de todo el gradiente y su localización fue registrada. Los árboles estudiados estuvieron distanciados a 20 m o más, en una dirección previamente

seleccionada al azar, para aumentar su independencia. Los tamaños de las muestras se decidieron en función de los segmentos que presentaron menor cantidad de individuos.

El daño por fuego se cuantificó como el porcentaje de dosel quemado y como supervivencia post fuego de los 450 individuos. El porcentaje de dosel quemado se estimó visualmente (siempre por la misma persona – DSA) como el porcentaje de ramas muertas o sin follaje en cada árbol, asumiendo que las ramas murieron por el fuego. La supervivencia se estableció como el porcentaje de individuos vivos (con al menos un rebrote verde) por segmento.

En cada uno de los 78 individuos vivos del subgrupo, se identificó si el rebrote era basal (cuando su inicio se ubicaba en los 30 cm más cercanos al suelo) o no basal (cuando se iniciaba más arriba, típicamente en ramas). Además se registró la cantidad de rebrotes basales y el largo del rebrote basal más alto con una cinta métrica (cm).

La ganadería se evaluó como el porcentaje de rebrotes basales ramoneados. El ramoneo fue identificado fácilmente, ya que el ganado consume la yema apical, hojas y parte del tallo de los rebrotes. Para el cálculo del porcentaje, en cada uno de los 78 árboles vivos, se consideraron todos los rebrotes basales si el árbol presentaba 50 rebrotes o menos, y en un máximo de 50 si el árbol presentaba mayor cantidad. Adicionalmente, fue definida y registrada la altitud a partir de la cual el acceso del ganado doméstico estaba restringido. Por encima de esta altitud no se observó presencia de deposiciones y coincidió con un cambio abrupto en la topografía (un risco de aproximadamente 6 m de altura). Se promedió el porcentaje de ramoneo entre los árboles que quedaron agrupados por encima y por debajo de este límite.

Análisis de datos. Se consideraron las siguientes variables de respuesta: (1) porcentaje del dosel quemado, (2) porcentaje de supervivencia, (3) largo del rebrote basal más alto, (4) cantidad de rebrotes basales, (5) promedio del porcentaje del rebrote basal ramoneado. Se consideraron como variables explicativas a la altitud y su término cuadrático. Se utilizaron regresiones lineales y cuadráticas para evaluar la relación entre la altitud y cada variable respuesta, excepto para (5) donde se utilizó una prueba *t* de Student para comparar entre altitudes menores y mayores, con presencia y ausencia de ganado, respectivamente. Originalmente fue incluida la altura del árbol como covariable, pero nunca se encontró una influencia de la altura del árbol, por lo que fue eliminada del análisis con el fin de aumentar los grados de libertad. En todos los casos se pusieron a prueba los supuestos de normalidad y homogeneidad de los residuales.

RESULTADOS

El daño por fuego no presentó un patrón relacionado con la altitud ya que el dosel fue completamente quemado en 99,6 % de los árboles estudiados (N = 450). Sólo dos in-

dividuos presentaron dosel parcialmente dañado en un 50 y 80 %. La supervivencia aumentó con la altitud desde aproximadamente 20 % en las altitudes más bajas hasta 50 % en las más altas ($P < 0,001$; figura 1).

Los árboles presentaron rebrote basal, no basal y ambos tipos en 87, 5 y 8 % de los casos, respectivamente (N = 78 árboles). El límite altitudinal de presencia de ganado se ubicó a los 1.847 m s.n.m. Por debajo de esta altitud, el promedio del porcentaje de rebrotes ramoneados por árbol fue del 25,15 %, mientras que por arriba el porcentaje se redujo a 0,09 % ($t = -4,90$, N = 52 y 22 árboles, $P < 0,0001$).

El largo del rebrote basal más alto aumentó linealmente con la altitud cuando fueron considerados todos los árboles y presentó una relación unimodal positiva con un máximo a los 1.930 m s.n.m. cuando fueron considerados únicamente los árboles sin evidencias de ramoneo (N = 74 y 34, ambos $P < 0,001$; figura 2A). La cantidad de rebrotes basales aumentó progresivamente con la altitud, mientras que cuando fueron considerados únicamente los árboles sin evidencias de ramoneo el ajuste fue mejor cuando se consideró un modelo de aumento lineal con la altitud (N = 74 y 34, ambos $P < 0,001$; figura 2B).

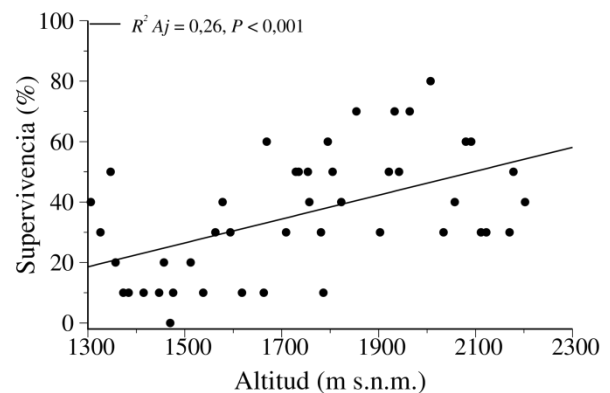


Figura 1. Porcentaje de supervivencia cada diez árboles de *P. australis* en relación a la altitud (N = 450). La línea de tendencia indica el ajuste a una función lineal.

Survival averaged for blocks of ten trees of *P. australis* in relation to altitude (N = 450). The trend line indicates the predicted linear model.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos apoyan la hipótesis que la distribución altitudinal de *P. australis* podría estar explicada, en parte, por efectos del fuego y de la ganadería. Así, se considera que la ocurrencia de estos disturbios podría estar predisponiendo a *P. australis* a las zonas altas debido a que, a pesar de no haberse encontrado una relación con el porcentaje del dosel quemado, junto con la altitud aumentó

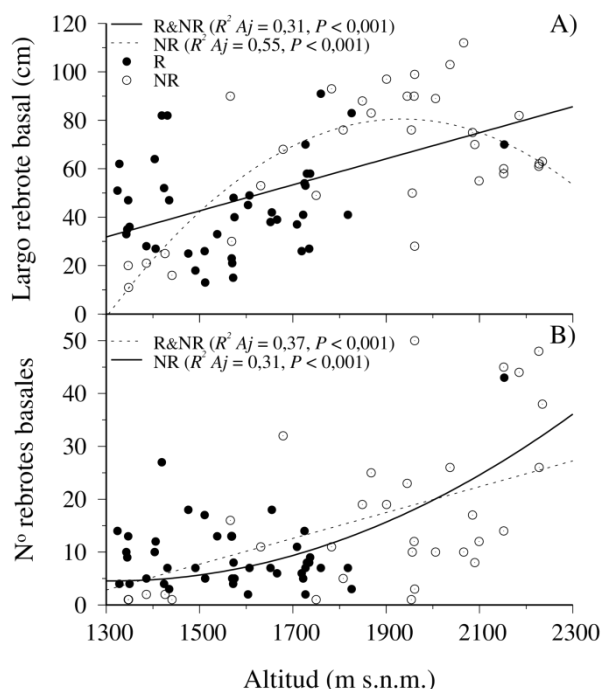


Figura 2. Relación entre altitud con A) el largo del rebrote basal más alto y B) la cantidad de rebrotes basales. R: árboles con ramoneo; NR: árboles sin evidencias de ramoneo; R&NR: todos los árboles. Líneas de tendencia indican el ajuste a modelos lineales o cuadráticos (para altitud y su término cuadrático) para todos los árboles (R&NR) y, para los árboles sin evidencias de ramoneo (NR).

Relation of altitude with A) height of the tallest basal resprout and B) amount of basal resprouts. R: browsed trees; NR: non-browsed trees; R&NR: all the trees. Trend lines: linear or quadratic functions (for altitude and its quadratic term) for all the trees (R&NR) and for non-browsed trees (NR).

tanto la supervivencia, como el tamaño y la cantidad de rebrotes basales por árbol, mientras que disminuyó el porcentaje del rebrote basal ramoneado.

La alta proporción de dosel quemado en todo el gradiente altitudinal puede deberse a condiciones meteorológicas particulares anteriores y durante el fuego que desataron un incendio de alta intensidad. Durante los años anteriores al incendio, transcurrieron varios periodos con precipitaciones menores a la media en la región (Colladón y Pazos 2014), por lo que los suelos y la vegetación podrían haber estado especialmente secos al momento del incendio. La ocurrencia del fuego, promovida por el balance entre la mayor disponibilidad de combustible y condiciones lo suficientemente secas como para provocar la ignición y dispersión del fuego, se da como resultado de niveles intermedios en productividad y precipitaciones, baja evapotranspiración y alta variabilidad anual de temperatura (Argañaraz *et al.* 2015). Durante el incendio el tiempo fue ventoso, seco y con altas temperaturas (comunicación personal con pobladores de la zona), como consecuencia, po-

drían haberse desatado ciertas condiciones especialmente favorables para que el fuego dañara completamente el dosel de los árboles a lo largo de todo el gradiente altitudinal.

La supervivencia post fuego encontrada en el presente estudio fue aproximadamente 50 % menor a las reportadas para la misma especie en otros trabajos, que registraron supervivencias de 70 y 90 % (Renison *et al.* 2002, Alinari *et al.* 2015). Esta diferencia podría deberse a que en los incendios estudiados anteriormente la severidad del fuego fue menor, lo que se reflejó también en sus superficies afectadas considerablemente menores (60.000 ha en comparación con 0,5 y 1.000 ha, respectivamente).

El incremento en la supervivencia con la altitud podría deberse a condiciones más favorables a mayores altitudes. La temperatura del suelo y del aire disminuye con la altitud (Graae *et al.* 2012), mientras que las precipitaciones y humedad del suelo aumentan (Casady *et al.* 2009), lo que podría estar explicando la mayor supervivencia de los individuos afectados por el fuego a mayores altitudes. Este resultado coincide con los estudios de Richards y Lamont (1996), quienes encontraron que la supervivencia post fuego de rebrotes y renuevos aumenta junto al incremento del contenido hídrico de las plantas.

El aumento del tamaño y cantidad de los rebrotes basales después del fuego junto con la altitud es comparable a lo encontrado por Enrico *et al.* (2004), Cingolani *et al.* (2008) y Renison *et al.* (2015), quienes describieron mayor cobertura arbórea y crecimiento en posiciones topográficas bajas y sitios protegidos del estrés hídrico, condiciones que coinciden con este sitio de estudio a mayores altitudes. Puede ser comparado también con otros trabajos en donde la regeneración por rebrote aumenta junto con la altitud (Safford 2001, Horn *et al.* 2001). El aumento de la cantidad de rebrotes basales junto con la altitud y el valor máximo del largo de los rebrotes basales a los 1.930 m s.n.m. (igual al óptimo de cobertura de *P. australis* descrito por Cingolani *et al.* (2008)) coincide con lo predicho. Estos patrones apoyan la hipótesis de que la mayor superficie cubierta por bosques de *P. australis* a mayores altitudes sería debido a los patrones de regeneración post fuego y dicho patrón podría estar representando la futura distribución de la especie.

La inaccesibilidad del terreno y la distancia de los corrales donde se concentra el ganado pudieron haber dificultado la presencia de ganado a mayores altitudes. En consecuencia, la mayor regeneración post fuego en las mayores altitudes pudo deberse a los porcentajes nulos de rebrotes ramoneados. En otro estudio, Alinari *et al.* (2015) demostraron que el excesivo ramoneo y la presencia del ganado en el momento posterior a incendios secuenciales, pueden impedir seriamente la regeneración completa del bosque.

CONCLUSIONES

Los patrones de aumento de supervivencia y regeneración con la altitud encontrados en este trabajo, permiten in-

terpretar que la dinámica post fuego podría explicar la mayor cobertura de bosques de *P. australis* por encima de su óptimo altitudinal de vitalidad, crecimiento y producción de semillas en las montañas del centro de la Argentina. En el presente estudio, los factores que condicionan los patrones encontrados de regeneración post fuego podrían ser los factores abióticos asociados con la altitud, el ramoneo post fuego diferencial con la altitud o una combinación de ambos. Para distinguir entre posibles explicaciones, serían necesarios estudios experimentales donde la incidencia del ramoneo sea controlada.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a N Crespín, G Galfrascoli, C Bergese, P Saur, D Travesino, F Fiad y G Peralta por su ayuda en el trabajo de campo. A N Fioretti, C Reyna y familia por su hospitalidad durante las campañas. Al enriquecedor aporte de los tres revisores anónimos de la revista. A la financiación para los gastos de viajes brindada por la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Córdoba y a la financiación durante las últimas etapas del proyecto binacional DFG (Alemania) y CONICET (Argentina).

REFERENCIAS

- Alessio GA, J Peñuelas, J Llusà, R Ogaya, M Estiarte, M De Lillis. 2008. Influence of water and terpenes on flammability in some dominant Mediterranean species. *International Journal of Wildland Fire* 17: 274-286.
- Alinari J, A von Müller, D Renison. 2015. The contribution of fire damage to restricting high mountain *Polylepis australis* forests to ravines: insights from an un-replicated comparison. *Ecología Austral* 25: 11-18.
- Argañaraz JP, G Gavier Pizarro, M Zak, MA Landi, LM Bellis. 2015. Human and biophysical drivers of fires in Semiarid Chaco mountains of Central Argentina. *Science of the Total Environment* 520: 1-12.
- Argañaraz JP, MA Landi, SJ Bravo, GI Gavier-Pizarro, CM Scavuzzo, LM Bellis. 2016. Estimation of live fuel moisture content from MODIS images for fire danger assessment in Southern Gran Chaco. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 9(12): 5339-5349.
- Bond WJ, FI Woodward, JJ Midgley. 2004. The global distribution of ecosystems in a world without fire. *New Phytologist* 165: 525-538.
- Casady GM, WJD van Leeuwen, SE Marsh. 2009. Evaluating post-wildfire vegetation regeneration as a response to multiple environmental determinants. *Environ Model Assess* 15: 295-307.
- Cingolani AM, D Renison, MR Zak, MR Cabido. 2004. Mapping vegetation in a heterogeneous mountain rangeland using Landsat data: an alternative method to define and classify land-cover units. *Remote sensing of environment* 92(1): 84-97.
- Cingolani AM, D Renison, PA Tecco, DE Gurvich, M Cabido. 2008. Predicting cover types in a mountain range with long evolutionary grazing history: a GIS approach. *Journal of Biogeography* 35: 538-551.
- Cingolani AM, MV Vaieretti, MA Giorgis, M Poca, PA Tecco, DE Gurvich. 2014. Can livestock grazing maintain landscape diversity and stability in an ecosystem that evolved with wild herbivores? *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 16: 143-153.
- Colladón L, I Pazos. 2014. Anuario pluviométrico 1992/93 - 2011/12, Cuenca del Río San Antonio (1st ed.). Instituto Nacional del Agua. Consultado nov. 2015. Disponible en http://www.ina.gov.ar/pdf/Cirsa_Publi_anuario_pluviometrico.pdf
- Díaz-Delgado R, F Lloret, X Pons. 2003. Influence of fire severity on plant regeneration by means of remote sensing imagery. *International Journal of Remote Sensing* 24: 1751-1763.
- Enrico L, G Funes, M Cabido. 2004. Regeneration of *Polylepis australis* Bitt. in the mountains of central Argentina. *Forest Ecology and Management* 190: 301-309.
- Giorgis MA, M Cabido, AM Cingolani. 2011. Caracterización florística y estructural del Bosque Chaqueño. Córdoba, Argentina. Editorial Académica Española. 144 p.
- Graae, BJ, P De Frenne, A Kolb, J Brunet, O Chabrierie, K Verheyen, N Pepin, T Heinken, M Zobel, A Shevtsova, I Nijs, A Milbau. 2012. On the use of weather data in ecological studies along altitudinal and latitudinal gradients. *Oikos* 121: 3-19.
- Horn SP, LM Kennedy, KH Orvis. 2001. Vegetation recovery following a high elevation fire in the Dominican Republic. *Biotropica* 33: 701-708.
- Körner C, J Paulsen. 2004. A world-wide study of high altitude treeline temperatures. *Journal of Biogeography* 31: 713-732.
- Marcora P, I Hensen, D Renison, P Seltsmann, K Wesche. 2008. The performance of *Polylepis australis* trees along their entire altitudinal range: implications of climate change for their conservation. *Diversity and Distributions* 14: 630-636.
- Marcora P, D Renison, AI País-Bosch, M Cabido, P Tecco. 2013. The effect of altitude and grazing on seedling establishment of woody species in central Argentina. *Forest Ecology and Management* 29: 300-307.
- Pollice J, P Marcora, D Renison. 2013. Seed production in *Polylepis australis* (Rosaceae) as influenced by tree size, livestock and interannual climate variations in the mountains of central Argentina. *New Forests* 44: 233-247.
- Renison D, E Cuyckens, S Pacheco, GS Guzmán, HR Grau, P Marcora, G Robledo. 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, MP Chartier, M Menghi, PI Marcora, RC Torres, MA Giorgis, I Hensen, AM Cingolani. 2015. Spatial variation in tree demography associated to domestic herbivores and topography: Insights from a seeding and planting experiment. *Forest Ecology and Management* 335: 139-146.
- Richards MB, BB Lamont. 1996. Post-fire mortality and water relations of three congeneric shrub species under extreme water stress – a trade-off with fecundity? *Oecologia* 107: 53-60.
- Safford HD. 2001. Brazilian Páramos. III. Patterns and rates of postfire regeneration in the Campos de Altitude. *Biotropica*

33: 282-302.

Torres RC, MA Giorgis, C Trillo, L Volkmann, P Demaio, J Heredia, D Renison. 2014. Post-fire recovery occurs overwhel-

mingly by resprouting in the Chaco Serrano forest of Central. *Austral Ecology* 39(3): 346-354. DOI: 10.1111/aec.12084

Recibido: 11.08.17
Aceptado: 01.03.18