

La disponibilidad de luz limita la producción frutícola del calafate en un matorral mixto nativo (Río Negro, Argentina)

FACUNDO FIORONI^{1,2}✉; NATALIA V. FERNÁNDEZ³; MARGARITA M. FERNÁNDEZ⁴
& LUCAS A. GARIBALDI^{1,2}

¹Instituto de Investigaciones en Recursos Naturales, Agroecología y Desarrollo Rural. Río Negro, Argentina. ²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Instituto de Investigaciones en Recursos Naturales, Agroecología y Desarrollo Rural. Río Negro, Argentina. ³Instituto Andino Patagónico de Tecnologías Biológicas y Geoambientales (Universidad Nacional del Comahue - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas). ⁴Dept. of Ecosystem Sciences and Management, The Pennsylvania State University. Intercollege Graduate Degree Program in Ecology, The Pennsylvania State University, University Park. USA.

RESUMEN. Los productos forestales no madereros (PFNM), como los frutos silvestres, son de gran importancia para las comunidades rurales y los grupos sociales vulnerables debido al ingreso económico que permiten y al rol que cumplen en su alimentación. Para optimizar su aprovechamiento es necesario estudiar las necesidades ecológicas de las plantas que los producen, como la luz, que afecta su desarrollo y reproducción. Los frutos del calafate (*Berberis microphylla*) son un PFNM de interés, aunque hay poca información sobre la relación entre su aprovechamiento y la disponibilidad de luz del ambiente. En este estudio se analizó la potencialidad del matorral mixto nativo como proveedor de frutos de calafate y su relación con la disponibilidad de luz. Para ello, se evaluó en un matorral nativo en El Foyel, Río Negro, la presencia y el número de frutos en plantas de calafate naturalmente establecidas en el lugar y expuestas a distintas intensidades de luz. También se estimó la productividad del matorral muestreado para diferentes niveles de disponibilidad de luz. Para analizar los datos se utilizaron modelos lineales generalizados. Una mayor apertura del dosel se asoció con una mayor probabilidad de fructificación y con mayor número de frutos por planta. Además, se encontró una relación positiva entre la altura de las plantas y el número de frutos. Se estimó que la mayor producción de fruta se encontraría en un escenario de apertura del dosel del 100%, en cuyo caso se obtendrían ~54.87 kg/ha. Se concluyó que la disponibilidad de luz es un factor fundamental para la fructificación del calafate. Además, teniendo en cuenta que la apertura de dosel promedio del matorral muestreado resultó ser 22.2%, se considera que es necesario un manejo apropiado del ambiente para optimizar el aprovechamiento de esta especie de manera sustentable y económicamente conveniente.

[Palabras clave: *Berberis microphylla*, productos forestales no madereros, recursos naturales, apertura de dosel]

ABSTRACT. Light availability and calafate fruit production in a native mixed shrubland (Río Negro, Argentina). Non-timber forest products (NTFP), such as wild berries, are of great importance for rural communities and vulnerable social groups due to the economic income they might generate and their role in these people's nutrition. To optimize forest plants productivity is necessary to study their ecological needs, such as light availability. Calafate (*Berberis microphylla*) fruits are NTFP of interest. However, there is little information about the relation between their productivity and light availability. In this study, the potential of a native mixed shrubland as supplier of calafate fruits and its relation with light availability was analyzed. To achieve this, the presence and number of fruits in calafate plants naturally established in a native shrubland in El Foyel, Río Negro, and exposed to different light intensities were evaluated. An estimation of the productivity of the shrubland sampled was also made for different levels of light availability. Generalized linear models were used to analyze the data. It was found that greater canopy openness corresponded to a higher probability of fruiting and to a greater number of fruits per plant. In addition, a positive relationship was found between plant height and number of fruits. It was estimated that the highest fruit production would be found in a 100% canopy openness scenario, in which case, ~54.87 kg/ha would be obtained. It was concluded that light availability is an essential factor for calafate fruiting. Moreover, considering that the average canopy openness of the sampled shrubland was 22.2%, it is considered that an appropriate environmental management is necessary to optimize the use of this species in a sustainable and economically convenient way.

[Keywords: *Berberis microphylla*, non-timber forest products, natural resources, canopy openness]

INTRODUCCIÓN

Cerca del 25% de la población mundial depende de los bosques para alimentarse, generar ingresos económicos y trabajo sostenido (FAO 2021). Los productos forestales no madereros (PFNM, bienes distintos a la madera de origen biológico provenientes de bosques y otros ambientes forestales, como frutas, hongos comestibles y plantas medicinales) representan hasta casi un 80% del ingreso familiar total de quienes dependen de ellos (Chamberlain et al. 2018; FAO 1999; Singh et al. 2010; Kar and Jacobson 2012; Saifullah et al. 2018). Generar y planificar estrategias de aprovechamiento y manejo sustentable de los PFNM podría incrementar su productividad y reducir el impacto ambiental asociado a su consumo (Ticktin 2004; Stockdale 2005). Por ello, es necesario estudiar las necesidades ecológicas de las especies proveedoras (Vaughan et al. 2013; Uprety et al. 2016).

Entre las necesidades ecológicas vegetales más relevantes se encuentra la luz, que tiene un papel importante para el desarrollo y la producción vegetal dado que afecta numerosos aspectos morfológicos, reproductivos y fisiológicos de las plantas (Poorter et al. 2019). En particular, la luz posee un efecto marcado sobre la supervivencia (Lin et al. 2014), el desarrollo (Finzi and Canham 2000; Meekins and McCarthy 2000) y el éxito reproductivo (Kato and Hiura 1999; Meekins and McCarthy 2000; Kilkenny and Galloway 2008). Esto adquiere una importancia especial en ambientes forestales donde la disponibilidad de luz es mucho menor que en otros biomas, como los pastizales (Woodward et al. 2004), y esto se puede evidenciar en los claros de bosques, donde muchas especies muestran una mayor supervivencia y producción vegetal respecto de sitios más cerrados (Veenendaal et al. 1996; Jogaiah et al. 2013).

En Patagonia, las especies nativas de *Berberis* (Berberidaceae), como el calafate (*Berberis microphylla* G. Forst), son apreciadas por sus frutos ricos en antioxidantes y azúcares, utilizados para su consumo en fresco, producción de mermeladas y helados, entre otros (Landrum 1999; Arena et al. 2012; Arena et al. 2013; Rodoni et al. 2014); por ellos se consideran PFNM de interés. En el caso del calafate, se describió que la luz puede influir de manera directa en el desarrollo y la productividad frutícola (Arena et al. 2018; Radice and Arena 2018), aunque se desconoce la relación precisa

que existe entre la disponibilidad de luz y su potencial productivo. El objetivo de este estudio fue analizar la producción frutícola de calafate en un matorral mixto nativo en el noroeste de la Patagonia y su relación con la disponibilidad lumínica. Hipotetizamos que una mayor disponibilidad de luz se asocia con un aumento en la producción frutícola, posiblemente a causa de una mayor tasa fotosintética y, en consecuencia, mayor disponibilidad de recursos para dedicar a la reproducción sexual. La información obtenida será clave para delinear planes de manejo, optimizar el aprovechamiento sustentable de las poblaciones naturales de calafate y diseñar producciones a escala comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y muestreo

El área de estudio de este trabajo se encuentra en El Foyel, Río Negro (41°38'48.13" S - 71°29'52.87" O). El clima de esta región es templado-frío, con una temperatura media de 9 °C y una precipitación anual de 920 mm (Reque et al. 2007). Se trata de un matorral mixto, compuesto principalmente por ñire (*Nothofagus antarctica*), michay y calafate (*Berberis* sp.), radal (*Lomatia hirsuta*), palo piche (*Fabiana imbricata*) y laura (*Schinus patagonicus*) (Coulin et al. 2019).

El muestreo se llevó a cabo durante el verano 2020/2021, en 32 parcelas de 31.5x45 m establecidas previamente en la región. Se identificaron entre 5 y 10 ejemplares de calafate en cada parcela. El número de plantas por parcela resultó variable como consecuencia de la heterogeneidad del ambiente; incluso, en algunas parcelas sólo se encontraron pocos individuos, aunque no se encontró una correlación significativa entre la densidad de plantas y la apertura del dosel. Para cada planta se midió la longitud del tallo de mayor longitud, la apertura del dosel, presencia y cantidad total de frutos. Para estimar la apertura del dosel se tomaron fotografías hemisféricas utilizando un lente ojo de pez, que fueron luego analizadas con el software *Gap Light Analyzer* (Frazer et al. 1999).

Análisis estadísticos

Dado que la variable 'presencia de frutos' es dicotómica, se utilizó un modelo lineal generalizado con distribución binomial. Los

predictores del modelo fueron la apertura del dosel y la altura de la planta. El modelo ajustado fue:

$$f_i \sim \text{binomial}(P_i; 1)$$

$$\text{logit}(P_i) = \beta_0 + \beta_1 * D_i + \beta_2 * A_i$$

donde f_i =presencia de frutos en la planta i ; p_i =probabilidad de que la planta i tenga frutos; D_i =apertura del dosel en la ubicación de la planta i , y A_i =altura de la planta i .

Para la cantidad de frutos por planta, sólo se trabajó con las plantas que fructificaron. Dado que la variable respuesta corresponde a un conteo, se utilizó un modelo lineal generalizado con distribución de Poisson. Los predictores del modelo fueron la apertura del dosel y la altura de la planta. El modelo ajustado fue:

$$cf_i \sim \text{Poisson}(\lambda_i)$$

$$\log(\lambda_i) = \beta_0 + \beta_1 * D_i + \beta_2 * A_i$$

donde cf_i =cantidad de frutos en la planta i ; λ_i =media y varianza de la cantidad de frutos por planta; D_i =apertura del dosel en la ubicación de la planta i , y A_i =altura de la planta i .

Para los análisis estadísticos se utilizó el software R Studio (v.1.2.5019, 2019). Se establecieron modelos lineales generalizados con la función `glm` y se seleccionó el mejor modelo en cada caso siguiendo el criterio de Akaike con la función `AIC` (`stats` 4.0.5). Para esta selección se tuvieron en cuenta modelos con interacción $D_i * A_i$, pero dado que la interacción resultó no significativa en todos los casos, y que según el criterio de Akaike los mejores modelos resultaron ser los que no incluyeron la interacción, se seleccionaron los modelos antes detallados.

Estimación de la producción

Para calcular la producción total de frutos de calafate por hectárea se utilizó la ecuación:

$$N^\circ \text{ de frutos totales} = P_D * cf_D * 9093.75$$

donde P_D =probabilidad de fructificación de una planta bajo una apertura de dosel D ; cf_D =cantidad de frutos por planta bajo una apertura de dosel D , y 9093.75 =promedio de plantas de calafate por hectárea de matorral (comunicación personal, M. Fernández et al. en preparación).

Tanto la probabilidad de fructificación como la cantidad de frutos por planta se calcularon a partir de los modelos ajustados. Se calcularon los valores de ambas variables para cuatro niveles distintos de apertura del dosel: 22.2% (promedio del área de estudio), 50%, 75% y 100%. La altura de las plantas se fijó en el valor promedio de las plantas muestreadas. El número de frutos total fue multiplicado por el peso promedio de los frutos (medido en la zona por N. Pérez, comunicación personal) para estimar la producción en kilogramos por hectárea.

RESULTADOS

Presencia y cantidad de frutos

La probabilidad de fructificación fue más alta a mayores porcentajes de apertura del dosel ($\beta_1=0.07864$, $P\text{-valor}<0.0001$) (Figura 1). Ninguna planta fructificó con una apertura menor al 38.1%. Las probabilidades de fructificación fueron 1.33%, 10.73%, 46.21% y 85.98%, con aperturas de dosel de 22.2%, 50%, 75% y 100%, respectivamente. La altura de las plantas no fue un factor significativo en términos de la probabilidad de fructificación ($\beta_2=0.01880$, $P\text{-valor}=0.0659$). La cantidad de frutos por planta fue más elevada a mayor apertura de dosel ($\beta_1=0.042712$, $P\text{-valor}<0.0001$)

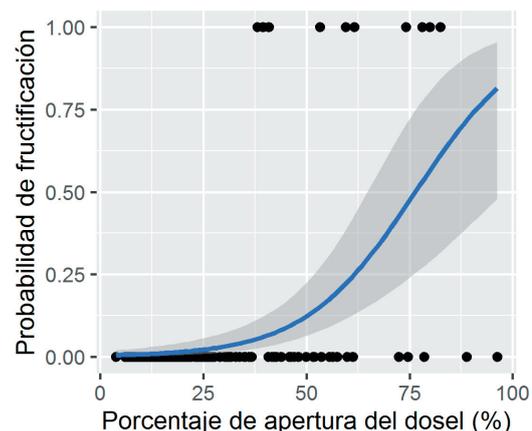


Figura 1. Probabilidad de fructificación de plantas de calafate en El Foyel en función de la apertura del dosel. La curva indica la probabilidad modelada de acuerdo a modelos lineales generalizados, y los puntos corresponden a las observaciones. El área sombreada indica el error de los valores modelados.

Figure 1. Calafate plants fructification probability in El Foyel depending on canopy openness. The curve indicates the probabilities as modeled from generalized linear models, and the points correspond to the observations. The shaded area indicates modeled values error.

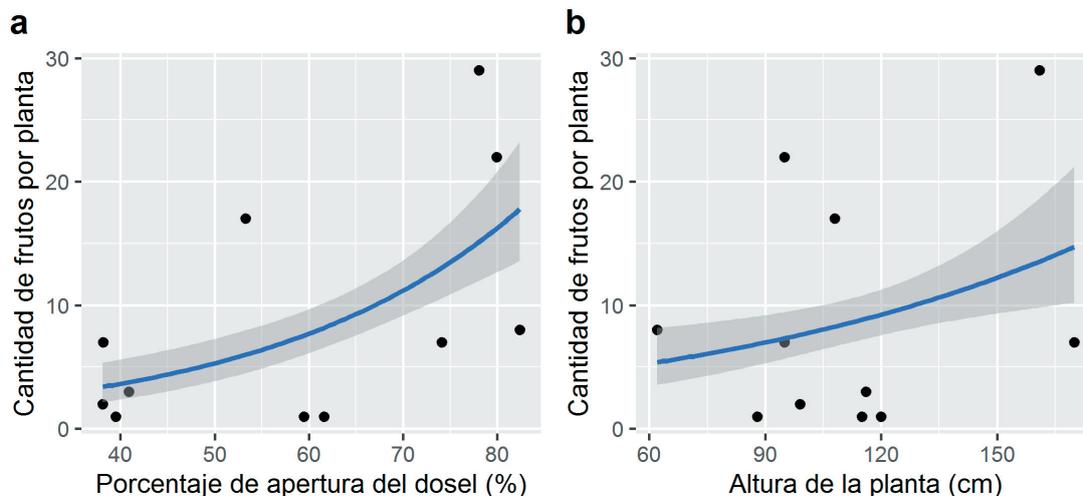


Figura 2. Cantidad de frutos por plantas de calafate en El Foyel. a) Cantidad de frutos por planta en función del porcentaje de apertura del dosel. b) Cantidad de frutos por planta en función de la altura de la planta. En ambos casos, la curva indica la probabilidad modelada de acuerdo a modelos lineales generalizados, y los puntos corresponden a las observaciones. El área sombreada indica el error de los valores predichos.

Figure 2. Number of fruits per calafate plant in El Foyel. a) Number of fruits per plant depending on canopy openness percentage. b) Number of fruits per plant depending on the plant height. In both cases, the curve indicates the probabilities as modeled from generalized linear models, and the points correspond to the observations. The shaded area indicates modeled values error.

(Figura 2a) y en plantas de mayor altura ($\beta_2=0.012557$, P-valor<0.0001) (Figura 2b).

Estimación de la producción

Con una apertura del dosel de 22.2% y 50%, se estima una muy baja producción de frutos de calafate, 139.37 frutos/ha (0.03 kg/ha) y 3679.77 frutos/ha (0.81 kg/ha), respectivamente. Con un 75-100% de apertura del dosel, la producción aumenta a 46071.59 frutos/ha (10.14 kg/ha) y 249392.31 frutos/ha (54.87 kg/ha), respectivamente.

DISCUSIÓN

Una mayor apertura de dosel se correspondió con mayor probabilidad de fructificación y número de frutos por planta. Una tendencia similar fue descrita por Svriz et al. (2014), quienes observaron que el michay (*B. darwinii*) florece sólo en los claros del bosque. Otras especies frutícolas silvestres, como el arándano silvestre (*Vaccinium myrtillus*) y la rosa multiflora (*Rosa multiflora*) también se comportan de esta forma (Dlugos et al. 2015; Eckert et al. 2019). Es posible que una menor disponibilidad de luz —y la consecuente menor tasa fotosintética— lleve a las plantas a destinar más fotosintatos a respuestas de escape a la sombra (e.g., mayor área específica foliar) que a la reproducción sexual (Barbour et al. 1976; Taiz and Zeiger 2002). Este descenso

de las tasas fotosintéticas como respuesta a la falta de luz se registró en distintas especies de *Berberis* (Peri et al. 2011; Svriz 2015) y otras arbustivas frutícolas, como *Rubus* (zarzas) (Gallagher et al. 2015). Por otro lado, se vio que plantas de mayor tamaño, posiblemente asociadas a mayores tasas fotosintéticas, producen más frutos gracias a poder asignar más recursos a la reproducción (Barbour et al. 1976; Svriz 2015), lo que podría explicar la tendencia observada en este trabajo.

En el área de estudio, la producción frutícola resultó comparativamente baja con respecto a referencias previas. Se observó un máximo de 29 frutos por planta, mientras que Bustamante et al. (2020) encontraron una media de 164 frutos por planta en individuos de altura similar a los muestreados en este trabajo, habitando en un matorral de ñire. Sin embargo, estos autores trabajaron en un bosque degradado por incendios, con la consecuente mayor apertura del dosel (valores cercanos al 80%). Además, es relevante aclarar que la ubicación geográfica pudo haber acentuado esta diferencia en términos de cantidad de frutos por planta, teniendo en cuenta que estudios geográficamente más cercanos al área de estudio encontraron una menor producción de frutos (Urretavizcaya et al. 2022). Por esto se sugiere que cierto nivel de manejo (e.g., raleos) es necesario para poder aumentar la producción de frutos de calafate

por hectárea (Radice and Arena 2018), aunque aún es necesario encontrar el grado de manejo que resulte en la mayor optimización de este recurso, pero teniendo en cuenta el menor impacto ambiental posible. De esta forma, y como se vio en otros estudios, la liberación del dosel permitiría una mayor disponibilidad de recursos y mayor producción por parte de plantas frutícolas, promoviendo así la disponibilidad de PFMN (Putz et al. 2001) y potenciando su aprovechamiento de manera sustentable.

CONCLUSIONES

En este trabajo, se evidenció cómo la luz es un factor clave en la ecología del calafate y cómo

influye en su capacidad para producir frutos. Del mismo modo, se destaca la importancia de tener este factor en cuenta para optimizar su producción. Si bien es un estudio acotado y resulta necesario ampliarlo a otros tipos de ambientes, no sólo aporta información relevante sobre esta especie frutícola, sino que también contribuirá al diseño de futuros ensayos y de planes de manejo sustentable de nuestros recursos naturales.

AGRADECIMIENTOS. A la Dra. Ayelén I. Carrón y Lic. Natalia Z. Joelson por participar en los muestreos, y al Tec. Santiago Naón por su contribución a la preparación del manuscrito. Se utilizaron fondos del proyecto PICT 2018-4029 y del proyecto C3 de la convocatoria "Ciencia y Tecnología contra el Hambre

REFERENCIAS

- Arena, M. E., A. Zuleta, L. Dyner, D. Constenla, L. Ceci, and N. Curvetto. 2013. *Berberis buxifolia* fruit growth and ripening: evolution in carbohydrate and organic acid contents. *Scientia Horticulturae* 158:52-58. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.04.026>.
- Arena, M. E., M. V. Lencinas, and S. Radice. 2018. Variability in floral traits and reproductive success among and within populations of *Berberis microphylla* G. Forst., an underutilized fruit species. *Scientia Horticulturae* 241:65-73. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.080>.
- Arena, M. E., P. Postemsky, and N. R. Curvetto. 2012. Accumulation patterns of phenolic compounds during fruit growth and ripening of *Berberis buxifolia*, a native Patagonian species. *New Zealand Journal of Botany* 50:15-28. <https://doi.org/10.1080/0028825X.2011.638644>.
- Barbour, M. G., J. H. Burk, and W. D. Pitts. 1976. *Terrestrial plant ecology*. 1st Edition. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Massachusetts, USA.
- Burnaby, British Columbia, and the Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, New York. URL: rem-main.rem.sfu.ca/downloads/Forestry/GLAV2UsersManual.pdf.
- Bustamante, G. N., R. Soler, A. P. Blazina, and M. E. Arena. 2020. Fruit provision from *Berberis microphylla* shrubs as ecosystem service in *Nothofagus* forest of Tierra del Fuego. *Heliyon* 6:e05206. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05206>.
- Chamberlain, J. L. 2018. Assessment of nontimber forest products in the United States under changing conditions. General Technical Report SRS-GTR-232. USDA Forest Service, Southern Research Station. Pp. 268. <https://doi.org/10.2737/SRS-GTR-232>.
- Coulin, C., M. A. Aizen, and L. A. Garibaldi. 2019. Contrasting responses of plants and pollinators to woodland disturbance. *Austral Ecology* 44:1040-1051. <https://doi.org/10.1111/aec.12771>.
- Dlugos, D. M., H. Collins, E. M. Bartelme, and R. E. Drenovsky. 2015. The non-native plant *Rosa multiflora* expresses shade avoidance traits under low light availability. *American Journal of Botany* 102:1323-1331. <https://doi.org/10.3732/ajb.1500115>.
- Eckert, T., J. Buse, M. Förschler, and G. Pufal. 2019. Additive positive effects of canopy openness on European bilberry (*Vaccinium myrtillus*) fruit quantity and quality. *Forest Ecology and Management* 433:122-130. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.10.059>.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1999. Towards a harmonized definition of non-wood forest products. *Unasylva* 198:63-64. URL: fao.org/docrep/x2450e/x2450e0d.htm#fao_forestry.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2021. The Global Forest Goals Report 2021. United Nations publication, New York, USA. <https://doi.org/10.18356/9789214030515>.
- Finzi, A. C., and C. D. Canham. 2000. Sapling growth in response to light and nitrogen availability in a southern New England forest. *Forest Ecology and Management* 131:153-165. [http://doi.org/10.1016/s0378-1127\(99\)00206-6](http://doi.org/10.1016/s0378-1127(99)00206-6).
- Frazer, G. W., C. D. Canham, and K. P. Lertzman. 1999. Gap Light Analyzer (GLA), Version 2.0: Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, user's manual and program documentation. Simon Fraser University.
- Gallagher, E. J., K. W. Mudge, M. P. Pritts, and S. D. DeGloria. 2015. Growth and development of 'Illini Hardy' blackberry (*Rubus* subgenus *Eubatus* Focke) under shaded systems. *Agroforestry Systems* 89:1-17. <https://doi.org/10.1007/s10457-014-9738-x>.
- Jogaiah, S., K. R. Striegler, E. Bergmeier, and J. Harris. 2013. Influence of canopy management practices on canopy characteristics, yield, and fruit composition of 'Norton' grapes (*Vitis aestivalis* Michx). *International Journal of Fruit Science* 13:441-458. <https://doi.org/10.1080/15538362.2013.789267>.

- Kar, S. P., and M. G. Jacobson. 2012. NTFP income contribution to household economy and related socio-economic factors: Lessons from Bangladesh. *Forest Policy and Economics* 14:136-142. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2011.08.003>.
- Kato, E., and T. Hiura. 1999. Fruit set in *Styrax obassia* (Styracaceae): the effect of light availability, display size, and local floral density. *American Journal of Botany* 86:495-501. <https://doi.org/10.2307/2656810>.
- Kilkenny, F. F., and L. F. Galloway. 2008. Reproductive success in varying light environments: direct and indirect effects of light on plants and pollinators. *Oecologia* 155:247-255. <https://doi.org/10.1007/s00442-007-0903-z>.
- Landrum, L. R. 1999. Revision of *Berberis* (Berberidaceae) in Chile and adjacent southern Argentina. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 86:793-834. <https://doi.org/10.2307/2666170>.
- Lin, F., L. S. Comita, X. Wang, X. Bai, Z. Yuan, D. Xing, and Z. Hao. 2014. The contribution of understory light availability and biotic neighborhood to seedling survival in secondary versus old-growth temperate forest. *Plant Ecology* 215: 795-807. <https://doi.org/10.1007/s11258-014-0332-0>.
- Meekins, J. F., and B. C. McCarthy. 2000. Responses of the biennial forest herb *Alliaria petiolata* to variation in population density, nutrient addition and light availability. *Journal of Ecology* 88:447-463. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2000.00461.x>.
- Peri, P. L., M. Arena, G. M. Pastur, and M. V. Lencinas. 2011. Photosynthetic response to different light intensities, water status and leaf age of two *Berberis* species (Berberidaceae) of Patagonian steppe, Argentina. *Journal of Arid Environments* 75:1218-1222. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.06.003>.
- Poorter, H., Ü. Niinemets, N. Ntagkas, A. Siebenkäs, M. Mäenpää, S. Matsubara, and T. Pons. 2019. A meta-analysis of plant responses to light intensity for 70 traits ranging from molecules to whole plant performance. *New Phytologist* 223:1073-1105. <https://doi.org/10.1111/nph.15754>.
- Putz, F. E., L. K. Sirot, and M. A. Pinard. 2001. 2. Tropical Forest Management and Wildlife: Silvicultural Effects on Forest Structure, Fruit Production, and Locomotion of Arboreal Animals. Pp. 11-34 *en* The Cutting Edge. Columbia University Press. <https://doi.org/10.7312/fimb11454-005>.
- R Core Team. 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: R-project.org.
- Radice, S., and M. E. Arena. 2018. Reproductive shoots of *Berberis microphylla* G. Forst. in relation with the floral bud development and the fruit set. *Heliyon* 4:e00927. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00927>.
- Radice, S., and M. E. Arena. 2021. El Calafate, una especie nativa de Patagonia. 1ra edición. Universidad de Morón, Morón, Buenos Aires, Argentina. URL: tinyurl.com/5s46kr3e.
- Reque, J. A., M. Sarasola, J. Gyenge, and M. E. Fernández. 2007. Caracterización silvícola de ñirantales del norte de la Patagonia para la gestión forestal sostenible. *Bosque (Valdivia)* 28:33-45. <https://doi.org/10.4067/s0717-92002007000100006>.
- Rodoni, L. M., V. Feuring, M. J. Zaro, G. O. Sozzi, A. R. Vicente, and M. E. Arena. 2014. Ethylene responses and quality of antioxidant-rich stored barberry fruit (*Berberis microphylla*). *Scientia Horticulturae* 179:233-238. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.09.023>.
- Saifullah, M. K., F. B. Kari, and A. Othman. 2018. Income dependency on non-timber forest products: an empirical evidence of the indigenous people in Peninsular Malaysia. *Social Indicators Research* 135:215-231. <https://doi.org/10.1007/s11205-016-1480-5>.
- Singh, A., P. Bhattacharya, P. Vyas, and S. Roy. 2010. Contribution of NTFPs in the livelihood of mangrove forest dwellers of Sundarban. *Journal of Human Ecology* 29:191-200. <https://doi.org/10.1080/09709274.2010.11906263>.
- Stockdale, M. 2005. Steps to sustainable and community-based NTFP management. Non-Timber Forest Products-Exchange Programme for South and Southeast Asia, The Philippines.
- Svriz, M. 2015. Ecofisiología de *Berberis darwinii* Hook. en su área nativa de distribución. Tesis doctoral. Departamento de Fisiología Vegetal, Universidad Nacional del Comahue, Bariloche, Río Negro, Argentina. Pp. 169.
- Svriz, M., M. A. Damascos, K. D. Leduik, S. A. Varela, and D. Barthélémy. 2014. Effect of light on the growth and photosynthesis of an invasive shrub in its native range. *AoB Plants* 6:plu033. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plu033>.
- Taiz, L., E. Zeiger. 2002. Plant physiology. 3rd edition. Sinauer Associates, Sunderland, United Kingdom. <https://doi.org/10.1093/aob/mcg079>.
- Ticktin, T. 2004. The ecological implications of harvesting non-timber forest products. *Journal of Applied Ecology* 41: 11-21. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2004.00859.x>.
- Upreti, Y., R. C. Poudel, J. Gurung, N. Chettri, and R. P. Chaudhary. 2016. Traditional use and management of NTFPs in Kangchenjunga Landscape: implications for conservation and livelihoods. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 12:1-59. <https://doi.org/10.1186/s13002-016-0089-8>.
- Urretavizcaya, M. F., L. T. Contardi, M. Caselli, S. Gianolini, L. Bertotti, V. Alonso, and C. Huica. 2022. Manejo sostenible del Calafate en Chubut: rendimiento en poblaciones silvestres y establecimiento en plantaciones para producción. VI Jornadas Forestales Patagónicas 346-350. URL: tinyurl.com/yh7krmma.
- Vaughan, R. C., J. F. Munsell, and J. L. Chamberlain. 2013. Opportunities for Enhancing Nontimber Forest Products Management in the United States. *Journal of Forestry* 111:26-33. <https://doi.org/10.5849/jof.10-106>.
- Veenendaal, E., M. Swaine, V. Agyeman, D. Blay, I. Abebrese, and C. Mullins. 1996. Differences in plant and soil water relations in and around a forest gap in West Africa during the dry season may influence seedling establishment and survival. *Journal of Ecology* 84(1):83-90. <https://doi.org/10.2307/2261702>.
- Woodward, F. I., M. R. Lomas, and C. K. Kelly. 2004. Global climate and the distribution of plant biomes. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 359:1465-1476. <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1525>.