

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Carrera de Ciencias Biológicas

**La importancia del banco de semillas en la regeneración de *Polylepis australis*
Bitt. en un bosque montano quemado**

Tesinista: Giaquinta Adrián

Directora: Romina Torres

**Lugar de trabajo: Centro de Ecología y Recursos Naturales Renovables “Dr. R. Luti”, FCEFYN -
UNC**

**La importancia del banco de semillas en la regeneración de *Polylepis australis*
Bitt. en un bosque montano quemado**

Tribunal Examinador

Nombre y Apellido:Firma:

Nombre y Apellido:Firma:

Nombre y Apellido:Firma:

Calificación: Fecha:

Índice

Resumen.....	4
Introducción.....	6
Objetivos.....	7
Hipótesis y predicciones.....	8
Métodos.....	10
Sitio de estudio y especie.....	10
Diseño de muestreo.....	11
Análisis de datos.....	13
Resultados.....	13
Discusión.....	15
Bibliografía.....	18

TÍTULO

La importancia del banco de semillas en la regeneración de *Polylepis australis* Bitt.
en un bosque montano quemado

RESUMEN

El fuego es un disturbio común en los bosques de *Polylepis australis* del centro de Argentina, siendo el estudio de la recuperación pos fuego de esta especie un aspecto importante para su conservación a largo plazo. Se conoce que la recuperación pos fuego de *Polylepis australis* ocurre en parte a partir de rebrotes de árboles sobrevivientes, sin embargo, la regeneración natural de plántulas pos fuego ha sido menos estudiada. Con el fin de contribuir a entender la importancia relativa de la regeneración de plántulas en la recuperación pos fuego de los bosques de *Polylepis australis* se evaluó el número de plántulas bajo árboles poco quemados (provenientes de la lluvia de semillas y el banco) y el número de plántulas bajo árboles muy quemados (provenientes del banco). Para ello se realizó un estudio en un área del Parque Nacional Quebrada del Condorito afectada por un fuego en el año 2015, donde se seleccionaron 130 pares de árboles: uno con un porcentaje de copa quemada menor al 30% y otro con un porcentaje mayor al 80%. Los 130 pares de árboles se distribuyeron en 3 posiciones topográficas según el sector que ocupaban en la ladera: alta, media o baja. Para cada individuo se contó el número de plántulas con cotiledones en 8 cuadratas de 50 x 50 cm en un radio de 2 m alrededor del árbol. Además, para cada árbol se midieron características de micrositio: la proporción de roca bajo la copa, pendiente, orientación de la pendiente e incidencia solar. Se registraron un total de 205 plántulas, siendo el número de plántulas 33 veces mayor bajo árboles poco quemados (total de 199 plántulas) que bajo árboles muy quemados (total de 6 plántulas). Además, el número de plántulas en la posición topográfica alta fue 2,3 y 3,1 veces menor que en las posiciones topográficas media y baja respectivamente. En cuanto a las características del micrositio, el número de plántulas bajo los árboles poco quemados se relacionó negativamente con la pendiente, y los micrositios orientados al sur fueron más favorables para la regeneración. Esto indicaría que el establecimiento de nuevas plántulas se da por lluvia de semillas a partir de rebrotes o ramas que pudieron escapar al fuego con poca o nula contribución del banco de

semillas. Además, condiciones más frías y húmedas, dadas por la orientación de la pendiente del microsítio y la posición topográfica, fueron mejores para la reproducción por plántulas.

PALABRAS CLAVE: regeneración, fuego, plántulas, topografía, *Polylepis australis*.

INTRODUCCIÓN

El fuego es uno de los disturbios más comunes en bosques con estación seca, pudiendo ser modeladores de la estructura y composición de las comunidades de plantas (Morgan et al., 2001; Bond et al., 2005). Los fuegos afectan la estructura de los bosques mediante la remoción directa de biomasa vegetal aérea, incrementando la intensidad lumínica, modificando la humedad, los nutrientes y la textura en los suelos (Bond et al., 2004; Díaz et al., 2007, Kowaljow et al., 2019). Ante estos cambios, las especies leñosas presentan distintas estrategias para regenerarse en las áreas quemadas. Algunas especies son resistentes a los fuegos y cuentan con mecanismos para sobrevivir y rebrotar a partir de tejidos vegetativos que permanecieron vivos después del fuego, mientras que otras especies dependen exclusivamente de sus semillas para el mantenimiento de la población (Bond & Midgley, 2001; 2003, Gurvich et al., 2005). Otras especies tienen la capacidad de recuperarse del fuego tanto por rebrote como por regeneración por semillas, y la importancia relativa de las distintas estrategias de regeneración dependerá tanto de las características intrínsecas de la especie como de las características del fuego (Keeley et al., 2006).

En particular, la regeneración por semilla después del fuego se puede dar de distintas maneras. En primer lugar, las semillas pueden llegar al área quemada desde bosques adyacentes no quemados, siendo este aporte muy importante cuando el fuego es muy intenso y la mortalidad de los adultos es muy alta (Bakker et al., 1996). En segundo lugar, la colonización del área quemada puede ocurrir a partir de frutos o semillas persistentes en los árboles quemados, como algunas especies de *Pinus*, *Cupressus* y *Sequoiadendron* que generan bancos de semillas aéreas y son altamente dependientes de esta forma de regeneración (Pausas, 2012). En tercer lugar, el aporte de semillas puede provenir de los individuos que hayan logrado sobrevivir y/o rebrotar después del fuego, por lo cual la regeneración dependerá en parte de la intensidad de los fuegos (Marais et al., 2014). Finalmente, algunas especies pueden regenerarse después del fuego a partir de las semillas persistentes en el banco de semillas del suelo, en este caso las especies deben tener la capacidad de formar banco de semillas y, además, conservar la viabilidad después del fuego (Baskin & Baskin, 1998).

Además del suministro de semillas, existen otros factores que pueden limitar el establecimiento de plántulas, como las características de los microsítios que se encuentran disponibles en el área

quemada. Estudios realizados en bosques quemados han mostrado que entre los factores que limitan la regeneración de las plántulas, se encuentran la alta radiación y el estrés hídrico (Kitzberger et al., 2005). Por otro lado, el fuego produce pérdida de suelo disminuyendo el contenido de nutrientes y la capacidad de almacenar agua (Kennard & Gholz 2001, Reich et al., 2001).

En las sierras del centro de Argentina los bosques de *Polylepis australis* han sido históricamente afectados por fuegos, principalmente de origen antrópico, debido a que éste es usado para estimular el rebrote de pasturas para el ganado (Renison et al., 2006). Estudios previos han demostrado que alrededor del 60% de los bosques de *Polylepis* tienen evidencia de fuegos (Renison et al., 2013) y que esta especie tiene una supervivencia pos fuego de aproximadamente 70%, la cual se incrementa con la altitud (Alinari et al., 2015; Argibay & Renison, 2018). Se conoce también que a mayor incidencia del fuego en los individuos, medida como proporción de la copa quemada, disminuye su supervivencia y la producción de semillas (Renison et al., 2002). Con respecto a la regeneración por semillas, se conoce que el establecimiento natural de plántulas en áreas no quemadas se produce en las cercanías del árbol semillero, ya que las semillas en general no se dispersan a más de 6 m del mismo (Torres et al. 2008). Estudios realizados a partir de siembras muestran un establecimiento menor al 1% de las semillas sembradas, siendo mayor el establecimiento en posiciones topográficas bajas, como quebradas y valles, que en posiciones topográficas altas y mayor cuando la siembra se realiza en áreas no quemadas que en áreas quemadas (Alinari et al. 2015; Renison et al. 2015). Si bien estudios previos han mostrado que la proporción de semillas viables en el banco es inferior al 5%, se conoce que las semillas sembradas a campo tienen la capacidad de continuar germinando por al menos 5 años (Renison et al., 2015). Sin embargo, no se han realizado aún estudios sobre regeneración natural por semillas después del fuego y se desconoce si la regeneración pos fuego proviene de semillas producidas a partir de los individuos sobrevivientes o a partir de semillas que se encuentran en el banco del suelo. Comprender estos aspectos sobre la regeneración pos fuego por plántulas es fundamental para complementar los estudios ya realizados sobre la regeneración pos fuego por rebrote y entender mejor como se recuperan y persisten los bosques de *Polylepis* ante este tipo de disturbio.

Objetivo General

Contribuir a entender la importancia relativa de la regeneración por plántulas en la recuperación pos fuego de los bosques de *Polylepis australis*.

Objetivos Específicos

Comparar la regeneración de plántulas alrededor de árboles poco quemados (provenientes de la lluvia de semillas y del banco de semillas) con la regeneración de plántulas alrededor de árboles muy quemados (provenientes del banco de semillas).

Comparar la regeneración de plántulas pos fuego entre distintas posiciones topográficas: alta, media y baja.

Evaluar el efecto de las características del micrositio en la regeneración de plántulas pos fuego.

Hipótesis y predicciones

Hipótesis 1. La regeneración pos fuego de plántulas de *Polylepis australis* se produce principalmente a partir del aporte de la lluvia de semillas anual, proveniente de los individuos sobrevivientes, es decir, individuos menos afectados por el fuego y con mayores posibilidades de escapar o rebrotar. La contribución de semillas del banco a la regeneración de plántulas pos fuego sería baja, debido a su baja viabilidad.

Predicción 1. La regeneración por semilla, medida en cantidad de plántulas con cotiledones, será mayor bajo árboles poco quemados que bajo árboles muy quemados, debido a que la mayor contribución de semillas provendrá de los rebrotes o ramas no quemadas de los árboles poco afectados mientras que el banco contribuirá poco con la regeneración pos fuego (Figura 1).

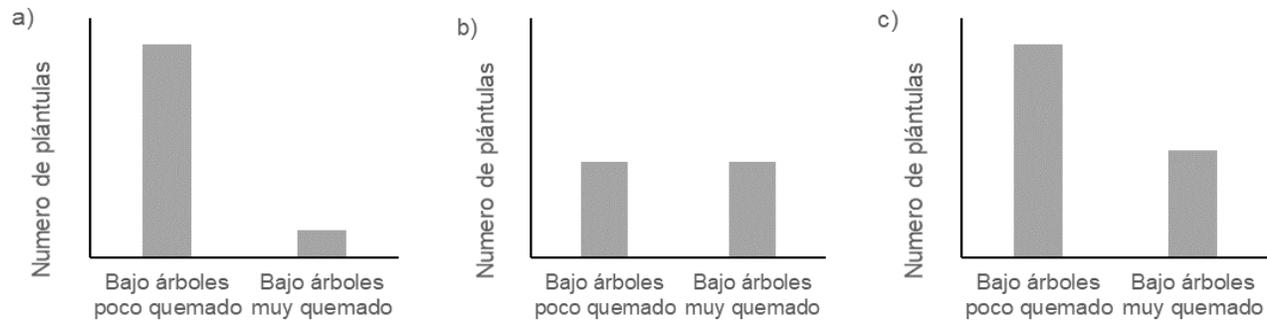


Figura 1. Patrones de resultados predichos según si: (a) el mayor aporte de semillas proviene de la lluvia de semillas producida por los rebrotes de los individuos sobrevivientes poco quemados o por ramas no quemadas, con muy poca contribución del banco de semillas del suelo, (b) el mayor aporte de semillas proviene del banco de semillas en el suelo, (c) el aporte de semillas proviene tanto de la lluvia de semillas como del banco.

Hipótesis 2. La regeneración de plántulas está influenciada por características abióticas como la humedad y profundidad del suelo, la rocosidad, la pendiente y su orientación y la incidencia solar, las cuales son altamente variables en ambientes montañosos tanto a gran escala como a escala de micrositio. De esta manera, posiciones topográficas más bajas podrían ofrecer condiciones más apropiadas para la regeneración de plántulas después del fuego debido a que cuentan con suelos más profundos y húmedos y se encuentran más protegidos de los vientos y la incidencia del sol en comparación con las posiciones topográficas más altas. De la misma manera, pero a escala de micrositio, aquellos micrositios con orientación sur y/o menor incidencia solar ofrecerían condiciones de mayor humedad y por lo tanto más apropiadas para la regeneración de plántulas. También a escala de micrositio la mayor cantidad de rocas y las pendientes más pronunciadas podrían dificultar la regeneración de plántulas debido a que los sitios rocosos en general tienen menor disponibilidad de suelo para el establecimiento de plántulas y los sitios con pendientes más pronunciadas son más susceptibles a la erosión y tienen menor capacidad de retener semillas.

Predicción 2. La regeneración de plántulas será mayor en posición topográfica baja, intermedia en posición topográfica media y menor en posición topográfica alta.

Predicción 3. La regeneración de plántulas será mayor en micrositios con menor rocosidad, menor pendiente, orientación de la pendiente más hacia el sur y menor incidencia solar.

MÉTODOS

Sitio de estudio y especie

El estudio fue realizado en el Parque Nacional Quebrada del Condorito, Provincia de Córdoba (31°34' S, 64°50' W). La temperatura media anual es de 8.7 °C, siendo de 12.1 °C en el mes más cálido y de 4.9 °C en el más frío (Colladón, 2004). El área presenta una marcada estación húmeda entre los meses de octubre y abril, donde llueve la mayor parte de los 900 mm que exhibe como media anual (Colladón, 2010). Pese a encontrarse en la región fitogeográfica del Chaco Serrano (Cabrera, 1976), un 50% de su flora es de origen andino patagónico, incluyendo muchos endemismos (Cabido et al., 1998). Dentro de los 7 tipos de coberturas fisonómicas presentadas como un mosaico heterogéneo (Cingolani et al., 2008), nos concentraremos en los bosques y matorrales de *Polylepis australis*.

Polylepis australis, perteneciente a la familia de las Rosáceas, es un árbol o arbusto siempre verde endémico que se distribuye en las montañas de Jujuy, Salta, Tucumán y Córdoba (Argentina) entre los 900 y 4000 msnm (Renison et al., 2013). Esta especie produce anualmente semillas de 8-10 mm y las dispersa en los meses de enero y febrero por viento y gravedad (Enrico et al., 2004).

El estudio de campo se llevó a cabo en un área del Parque Nacional Quebrada del Condorito que fue afectada por un gran incendio entre agosto y septiembre del año 2015 en el que se quemaron más de 10.000 ha compuestas por pastizales, pajonales y bosques de *Polylepis australis* (Figura 2).

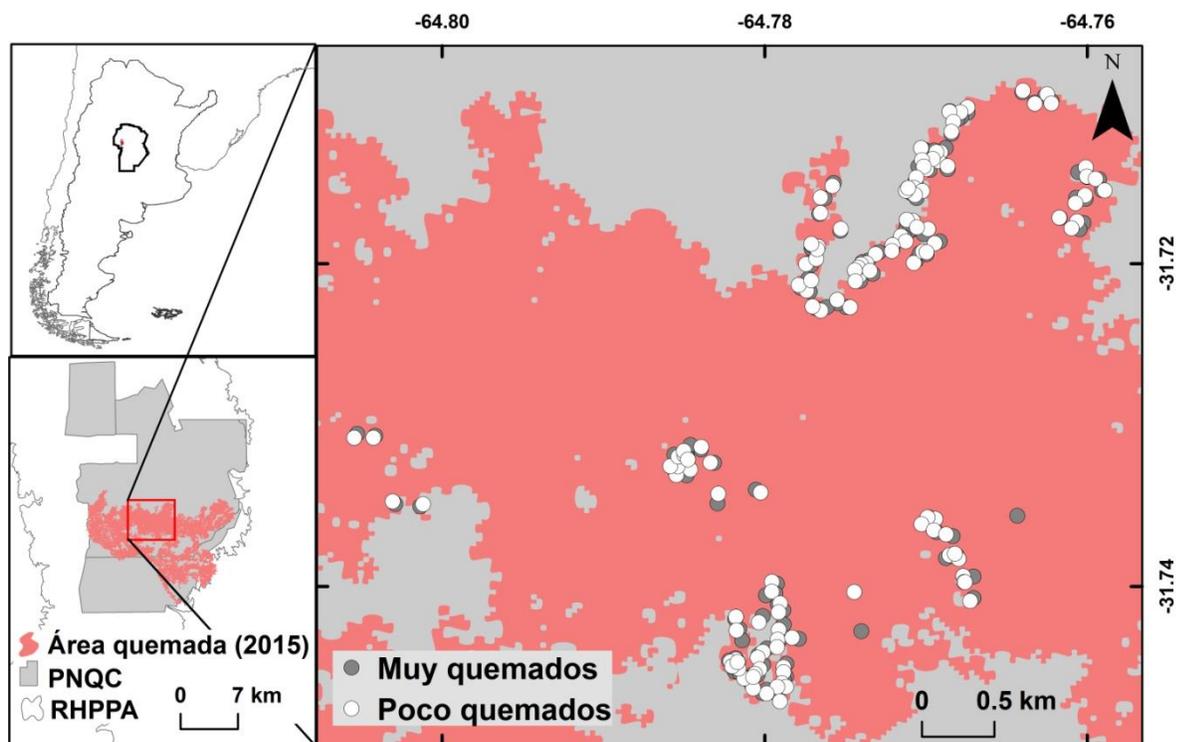


Figura 2. Mapa con distribución de individuos de *Polylepsis australis* muy quemados (círculos grises) y poco quemados (círculos blancos) muestreados dentro del área quemada. Los mapas pequeños muestran el área de estudio en la provincia de Córdoba, Argentina (panel superior izquierdo) y en el Parque Nacional Quebrada del Condorito (PNQC) y la Reserva Hídrica Provincial Pampa de Achala (RHPPA) (panel inferior izquierdo).

Diseño de muestreo

Para determinar si la regeneración de plántulas pos fuego proviene de la lluvia de semillas producidas por los rebrotes y ramas no quemadas o del banco de semillas del suelo, se comparó la regeneración de plántulas bajo árboles poco quemados (Figura 3a), con la regeneración de plántulas bajo árboles muy quemados (Figura 3b). Para ello, durante la estación seca posterior al incendio (abril a septiembre de 2016), se seleccionaron 130 pares de árboles adultos, uno con un porcentaje de copa quemada menor al 30 % (poco quemados) y el otro con un porcentaje de copa quemada mayor a 80 % (muy quemados). El daño causado por el fuego se evaluó con la proporción de la copa quemada mediante estimación visual (%). Cada par de árboles se seleccionó teniendo en cuenta que ambos tuvieran tamaños similares antes del fuego (mediante

el esqueleto para los árboles muy quemados), y que sean mayores a 1,5 m de altura, de manera tal que fueran productores de semillas, con una distancia mínima de 6 m entre los árboles dentro de cada par y de 25 m entre pares.

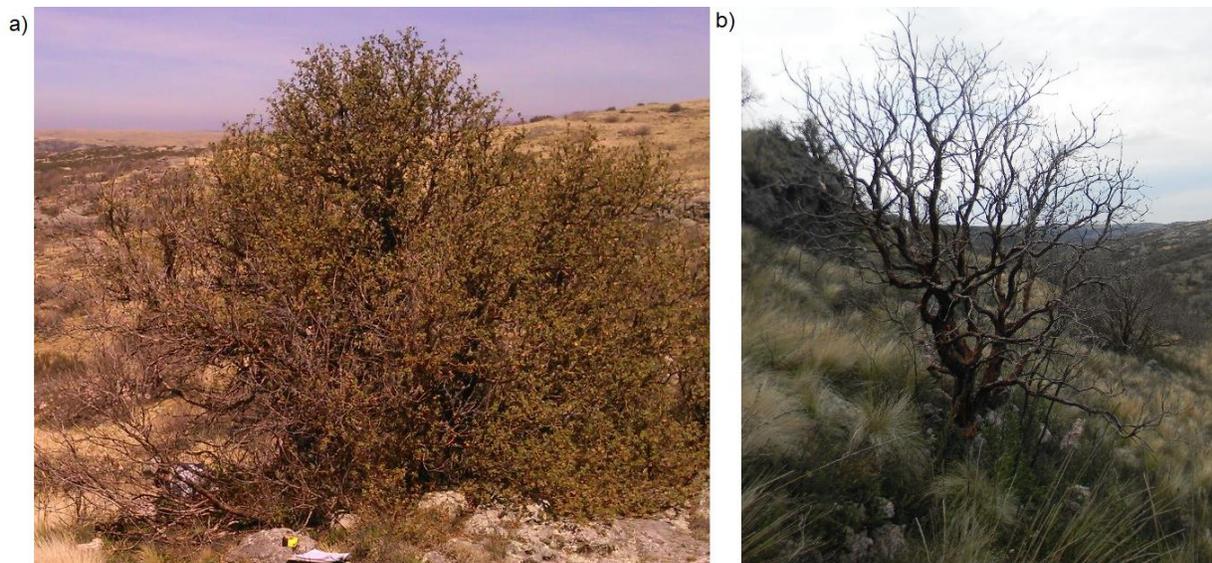


Figura 3. a) Individuos de *Polylepis australis* poco quemado, es decir con un porcentaje de copa quemada inferior al 30%. b) Individuos de *Polylepis australis* muy quemado, con un porcentaje de copa quemada superior al 80%.

Para evaluar la regeneración de plántulas, para cada individuo semillero seleccionado se contaron todas las plántulas con cotiledones en cuatro cuadratas de 50 x 50 cm, establecidas al azar a una distancia de hasta un metro del semillero y en cuatro cuadratas de 50 x 50 cm a una distancia de entre uno y dos metros. Se cuantificaron solo las plántulas con cotiledones a fin de incluir solo las provenientes de semilla del año de medición y no incluir las de años anteriores. Para comparar la regeneración de plántulas entre las distintas posiciones topográficas en que se encuentran los individuos, los 130 pares de árboles seleccionados se distribuyeron en 3 posiciones topográficas según el sector que ocupaban en la ladera: alta, media o baja. Para evaluar el efecto de las características del micrositio en la regeneración de plántulas, para cada árbol se registró el porcentaje de roca bajo la copa, la pendiente bajo el árbol, la orientación de la pendiente y la incidencia solar (la trayectoria del sol no cubierta por obstáculos) utilizando un clinómetro.

Análisis de datos

Los datos se analizaron con Modelos Lineales Generalizados. Para comparar la regeneración de plántulas bajo árboles poco quemados y muy quemados se utilizó un MLG con asunción de distribución de Poisson considerando como variable respuesta el número total de plántulas por árbol y como variables predictoras el grado de afectación de los árboles por el fuego (factor fijo con dos niveles: poco quemados y muy quemados) y la posición topográfica (factor fijo con tres niveles: alta, media y baja). El término de la interacción entre los factores se consideró en el análisis.

Para evaluar el efecto de las características del micrositio en la regeneración de plántulas pos fuego solo se usaron los datos de número de plántulas bajo los árboles poco quemados. Se utilizó un MLG con asunción de distribución de Poisson considerando como variable respuesta el número total de plántulas por árbol y como covariables el porcentaje de roca bajo la copa, la pendiente, el coseno de la orientación, y la incidencia solar.

Las comparaciones entre tratamientos se realizaron mediante la prueba “a posteriori” Diferencia Mínima Significativa de Fisher ($\alpha = 0.05$). Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa estadístico Infostat (Di Rienzo et al., 2018).

RESULTADOS

Se registraron un total de 205 plántulas, de las cuales 199 se encontraban bajo árboles poco quemados y 6 bajo árboles muy quemados. El número de plántulas fue 33 veces mayor bajo árboles poco quemados que bajo árboles muy quemados (1,56 plántulas por árbol bajo árboles poco quemados contra 0,05 plántulas por árbol bajo árboles muy quemados) (MLG, $n = 260$, $p < 0,0001$).

Bajo los árboles muy quemados no se encontraron diferencias significativas para la cantidad de plántulas entre las posiciones topográficas. Por otro lado, bajo los árboles poco quemados la media de la cantidad de plántulas fue 2,6 y 3,1 veces menor en posición topográfica alta que en la posición topográfica media y baja respectivamente ($p < 0,0001$; Figura 4). La interacción entre los factores no fue significativa ($p = 0.167$).

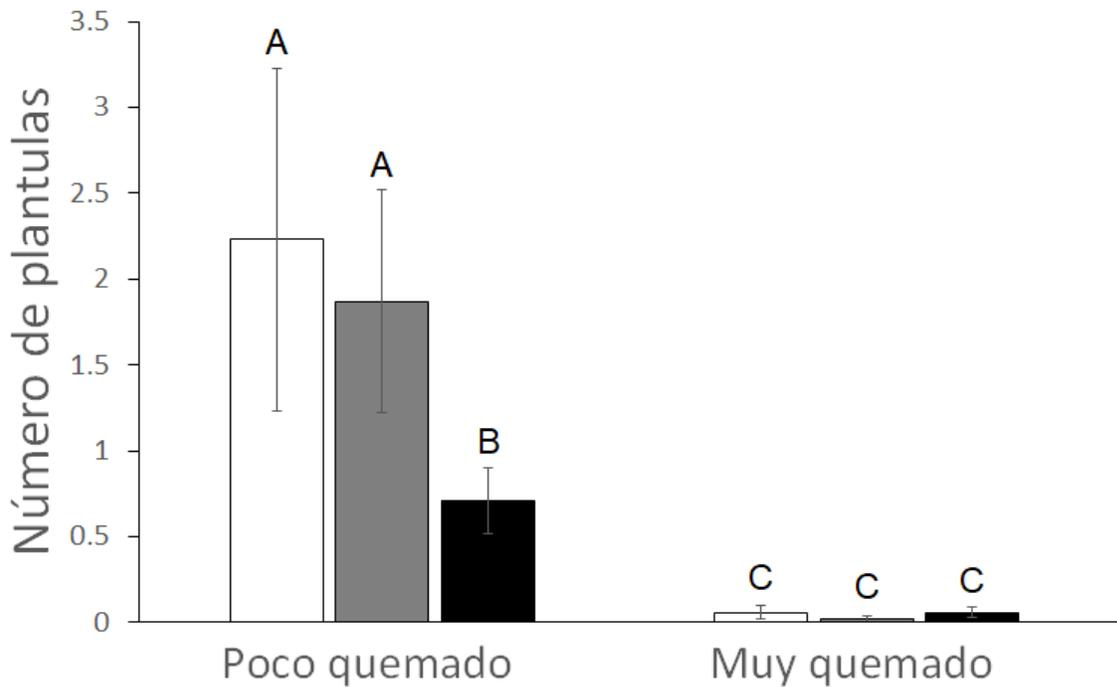


Figura 4. Número de plántulas (Media \pm EE) bajo árboles poco quemados y muy quemados, y en tres posiciones topográficas: baja (barra blanca), media (barra gris) y alta (barra negra). Letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas ($p < 0,005$).

Del total de plántulas encontradas, el 65% (135 plántulas) se encontraron en el primer metro alrededor de los árboles. Además, del total de plántulas encontradas el 30% (63 plántulas) se concentraron en el 1% de los árboles muestreados (2 árboles).

En cuanto a la influencia del micrositio, el número de plántulas bajo los árboles poco quemados se relacionó negativamente con la pendiente (MLG, $n = 130$, $p = 0,003$) (Figura 5 a). Además, el coseno de la orientación tuvo un efecto negativo y significativo en el número de plántulas, indicando que los micrositios orientados hacia el norte tuvieron menor cantidad de plántulas ($p < 0.001$) (Figura 5 b). La incidencia solar y la roca bajo la copa no tuvieron efecto sobre el número de plántulas ($p > 0,05$). Debido a que bajo 2 árboles se encontraron cantidades muy altas de plántulas (34 y 29) en comparación con el resto de los árboles (1 - 8), los análisis se repitieron excluyendo los 2 árboles con muchas plántulas y se obtuvieron resultados similares en cuanto a

significancia para la pendiente, la incidencia solar y la roca bajo la copa, mientras que el coseno de la orientación tuvo un efecto marginalmente significativo en el número de plántulas.

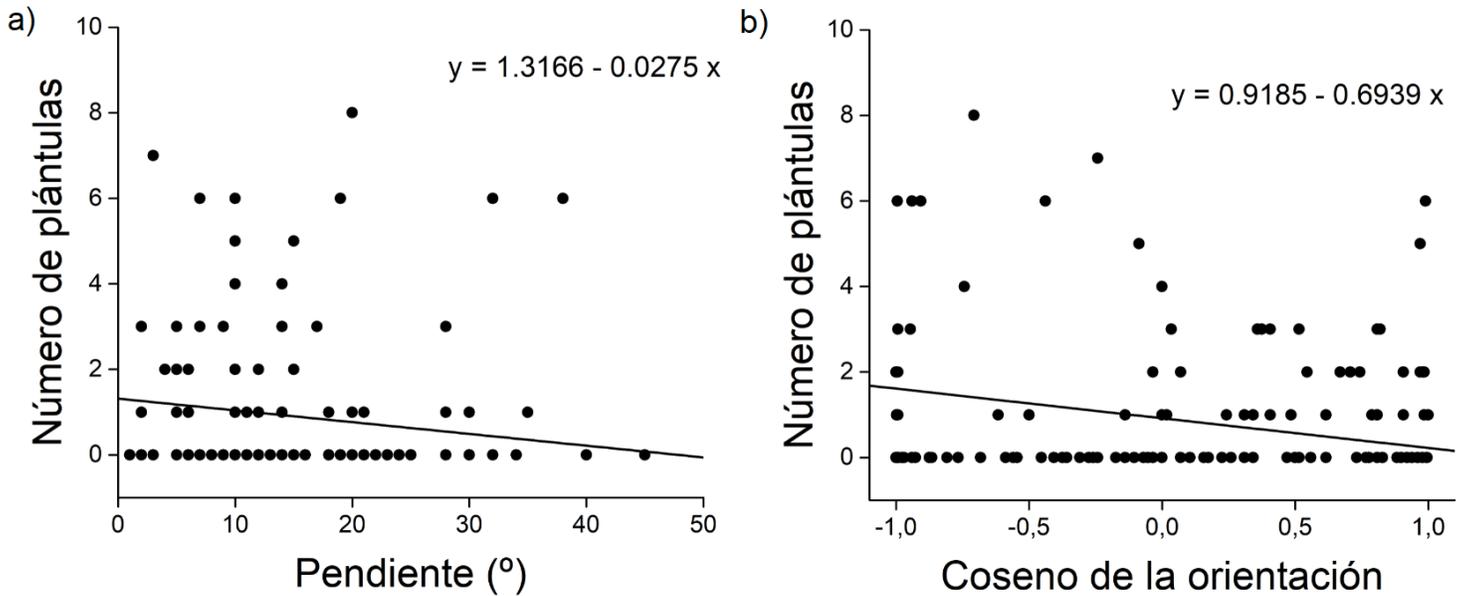


Figura 5. (a) Relación entre el número de plántulas bajo árboles poco quemados y la pendiente del micrositio. (b) Relación entre el número de plántulas bajo árboles poco quemados y el coseno de la orientación de la pendiente del micrositio. Valores positivos del coseno indican orientación norte y valores negativos orientación sur. Para apreciar mejor los resultados gráficamente se excluyeron los dos puntos correspondientes a árboles con muchos renovales.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que la mayor regeneración de plántulas pos fuego está asociada a los árboles poco quemados, indicando que las semillas provienen de los rebrotes pos fuego y/o de ramas de árboles que han escapado a la acción del fuego.

Tal como esperábamos según nuestra hipótesis, estos resultados indicarían que la regeneración de plántulas pos fuego proviene principalmente de la lluvia de semillas, es decir de la producción de semillas del año de medición, y en menor medida del banco de semillas. Si bien en este trabajo no se registró la producción de semillas de los árboles poco quemados y los muy quemados, se observó a campo que los árboles poco quemados presentaban evidencia de la

producción anual de semillas como restos de los racimos pendulares donde se encuentran los frutos. En cambio, los árboles muy quemados presentaron ninguna o casi ninguna evidencia de producción anual de frutos (obs. personal). Con respecto al banco de semillas, Enrico et al. (2004) estudiaron y compararon el banco de semillas en bosques y arbustales de *Polylepis australis* y encontraron que el efecto en la regeneración por el banco de semillas fue despreciable. Esto podría indicar que *Polylepis australis* tiene escasa capacidad para formar banco de semillas en el suelo o, en su defecto, este no es resistente al fuego. En estudios que analizaron el banco de semillas en suelo pos fuego en el Chaco Árido, se observó que en los sectores donde no hubo individuos sobrevivientes, prácticamente no se hallaron plántulas (Lipoma et al., 2018). Sin embargo, como nuestro estudio analiza de manera indirecta el banco de semillas, sería necesario estudiar qué sucede con el banco de semillas en muestras de suelo extraídas de sitios no quemados y sitios afectados por distintas intensidades de fuego. Estudios realizados en otras especies de bosques de altura afectados por fuego (*Polylepis incana* Kunth y *Gynoxys acostae* Cuatrec.) también hallaron mayor regeneración de plántulas en sitios no quemados en comparación con sitios quemados (Cierjacks et al., 2008), reforzando la idea de que la contribución del banco de semillas para la recuperación de este tipo de bosques es baja.

En sitios poco quemados, la regeneración por plántulas fue mayor en posiciones topográficas bajas y medias que en posiciones topográficas altas. Resultados similares han sido reportados por Alinari et al. (2015), que registraron en zonas bajas una regeneración 5 veces mayor que en zonas altas. Esto se puede deber a que las zonas medias y bajas presentan mayor humedad (Cingolani et al., 2003), favoreciendo las condiciones para la germinación de las semillas. Además, la menor incidencia del viento (principal forma de dispersión de *Polylepis australis*) en las posiciones topográficas bajas, permitiría la acumulación de semillas cerca del fuste.

Al contrario de lo esperado, la incidencia solar y el porcentaje de roca bajo la copa no influyeron en el número de plántulas encontradas indicando que, al menos en este estadio temprano, el efecto de estos factores no sería muy importante.

La mayor regeneración de plántulas en micrositos con orientación sur puede explicarse a través de sus condiciones climáticas más frías y húmedas, que favorecen las condiciones de germinación. Esta especie, a pesar de germinar a distintos termo-periodos, presenta mayores

porcentajes de germinación a temperaturas medias (15/25°C) comparadas con temperaturas más altas (20/30°C) (Pais Bosch et al., 2012).

La mayor densidad de plántulas en los sitios con menos pendiente y más cercanos al árbol semillero podría explicarse a través de la mayor retención y acumulación de semillas y su posterior germinación. Contrariamente, en sitios con pendientes pronunciadas las semillas pueden ser más fácilmente arrastradas por el agua y el viento, en particular en sitios que han sido afectados por el fuego y que carecen de protección de la vegetación o el mantillo. Además, menos pendiente podría estar asociada a mayor humedad del suelo.

Los resultados aquí obtenidos tienen importantes implicancias en la comprensión de la recuperación pos fuego de esta especie. De acuerdo a estos resultados, las posibilidades de regeneración de plántulas sería altamente dependiente de la intensidad de los fuegos, ya que la principal fuente de semillas en sitios quemados estaría dada por individuos poco afectados por el fuego, con porcentajes de copa quemada inferiores al 80%. En sitios afectados por fuegos muy intensos que causen gran mortalidad de adultos o bien la pérdida de grandes porcentajes del follaje en adultos semilleros, las posibilidades de regeneración por semillas serían escasas debido a la pobre contribución del banco de semillas del suelo en la regeneración y la baja capacidad de dispersión de semillas desde bosques adyacentes no quemados. Al mismo tiempo, la recuperación por rebrote en sitios afectados por fuegos muy intensos sería escasa debido a que la supervivencia y capacidad de rebrote de *Polylepis* disminuye a mayor incidencia del fuego en los individuos (Renison et al., 2002).

Finalmente, en relación con la conservación y manejo de los parches de bosques de *Polylepis australis*, es importante considerar que su permanencia podría verse comprometida si son afectados por fuegos intensos, especialmente si estos parches se encuentran en posiciones topográficas altas donde la regeneración de plántulas es menor, aun en presencia de semillas. Esto indica que es recomendable la protección de los parches de bosque de *Polylepis* de futuros fuegos y que los esfuerzos deben ser mayores en la protección de los parches en posiciones topográficas altas.

BIBLIOGRAFÍA

- Alinari, J., von Müller, A. & Renison, D. 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.
- Argibay, D.S. & 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: 145-150.
- Bakker, J.P., Poschlod, P., Strykstra, R.J., Bekker, R.M. & Thompson, K. 1996. Seed banks and seed dispersal: important topics in restoration ecology. *Acta Botanica Neerlandica* 45: 461-490.
- Baskin, C.C. & Baskin, J.M. 1998. Seeds: ecology, biogeography, and, evolution of dormancy and germination. Elsevier.
- Bond, W. J., Dickinson, K. J. & Mark, A. F. 2004. What limits the spread of fire-dependent vegetation? Evidence from geographic variation of serotiny in a New Zealand shrub. *Global Ecology and Biogeography* 13: 115-127.
- Bond, W.J. & Midgley, J.J. 2001. Ecology of sprouting in woody plants: the persistence niche. *Trends in Ecology & Evolution* 16: 45-51.
- Bond, W.J. & Midgley, J.J. 2003. The evolutionary ecology of sprouting in woody plants. *International Journal of Plant Sciences* 164: 103-114.
- Bond, W.J., Woodward, F.I. & Midgley, G.F. 2005. The global distribution of ecosystems in a world without fire. *New Phytologist*, 165, 525-538.
- Cabido, M., Funes, G., Pucheta, E., Vendramini, F. & Díaz, S. 1998. A chorological analysis of the mountains from central Argentina: is all what we call Sierra Chaco really Chaco? Contribution to the study of the flora and vegetation of the Chaco XII. *Candollea*, 53: 321-331.
- Cabrera, A.L. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. 2 ed. Enciclop. Arg. Agric. y Jardinería. ACME (ed.), Buenos Aires.
- Cierjacks, A., Salgado, S., Wesche, K. & Hensen, I. 2008. Post-fire population dynamics of two tree species in high-altitude *Polylepis* forests of central Ecuador. *Biotropica* 40: 176-182.

- Cingolani, A. M., Cabido, M. R., Renison, D. & Solís Neffa, V. 2003. Combined effects of environment and grazing on vegetation structure in Argentine granite grasslands. *Journal of Vegetation Science* 14: 223-232.
- Cingolani, A.M., Renison, D., Tecco, P.A., Gurvich, D. E. & Cabido, M. 2008. Predicting cover types in a mountain range with long evolutionary grazing history: a GIS approach. *Journal of Biogeography* 35: 538-551.
- Colladon, L. 2004. Anuario de temperaturas medias 1994- 2003. Cuenca del Río San Antonio. Sistema del Río Suquía - Provincia de Provincia de Córdoba. ('Annual plogiometry 1992-2010 - San Antonio river. Suquía river system -Córdoba Province.'). Instituto Nacional del Agua y del Ambiente (INAA) y Centro de Investigaciones de la Región Semiárida (CIRSA): Córdoba, Argentina.
- Colladon, L. 2010. Anuario pluviométrico 1992-2010. Cuenca del Río San Antonio. Sistema del Río Suquía - Provincia de Provincia de Córdoba. ('Annual plogiometry 1992-2010 - San Antonio river. Suquía river system - Córdoba Province.'). Instituto Nacional del Agua y del Ambiente (INAA) y Centro de Investigaciones de la Región Semiárida (CIRSA): Córdoba, Argentina.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M. & Robledo C.W. InfoStat versión 2018. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Díaz, M.F., Bigelow, S. & Armesto, J.J. 2007. Alteration of the hydrologic cycle due to forest clearing and its consequences for rainforest succession. *Forest Ecology and Management* 244: 32-40.
- Enrico, L., Funes, G. & Cabido, M. 2004. Regeneration of *Polylepis australis* Bitt. in the mountains of central Argentina. *Forest Ecology and Management* 190: 301–309.
- Gurvich, D. E., Enrico, L., & Cingolani, A. M. 2005. Linking plant functional traits with post-fire sprouting vigour in woody species in central Argentina. *Austral Ecology*, 30(7), 789-796.
- Keeley, J.E., Fotheringham, C.J. & Baer-Keeley, M. 2006. Demographic patterns of postfire regeneration in mediterranean-climate shrublands of California. *Ecological Monographs* 76: 235-255.

- Kennard, D.K. & Gholz, H.L. 2001. Effects of high-and low-intensity fires on soil properties and plant growth in a Bolivian dry forest. *Plant and Soil* 234: 119-129.
- Kitzberger, T., Raffaele, E., Heinemann, K. & Mazzarino, M.J. 2005. Effects of fire severity in a north Patagonian subalpine forest. *Journal of Vegetation Science* 16: 5-12.
- Kowaljow, E., Morales, M. S., Whitworth-Hulse, J. I., Zeballos, S. R., Giorgis, M. A., Rodríguez Catón, M., & Gurvich, D. E. 2019. A 55-year-old natural experiment gives evidence of the effects of changes in fire frequency on ecosystem properties in a seasonal subtropical dry forest. *Land Degradation & Development*, 30(3), 266-277.
- Lipoma, M. L., Funes, G. & Díaz, S. 2018. Fire effects on the soil seed bank and post-fire resilience of a semi-arid shrubland in central Argentina. *Austral Ecology* 43: 46-55.
- Marais, K.E., Pratt, R.B., Jacobs, S.M., Jacobsen, A.L. & Esler, K.J. 2014. Postfire regeneration of resprouting mountain fynbos shrubs: differentiating obligate resprouters and facultative seeders. *Plant Ecology* 215: 195–208.
- Morgan, P., Hardy, C. C., Swetnam, T. W., Rollins, M. G. & Long, D. G. 2001. Mapping fire regimes across time and space: understanding coarse and fine-scale fire patterns. *International Journal of Wildland Fire* 10: 329-342.
- Pausas, J.G. 2012. Incendios forestales. Una visión desde la ecología. Los Libros de la Catarata, Madrid, 120 p.
- Pais Bosch, A.I., Tecco, P.A., Funes, G. & Cabido, M. 2012. Efecto de la temperatura en la regeneración de especies leñosas del Chaco Serrano e implicancias en la distribución actual y potencial de bosques. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 47: 401-410.
- Reich, P.B., Bakken, P., Carlson, D., Frelich, L.E., Friedman, S.K. & Grigal, D.F. 2001. Influence of logging, fire, and forest type on biodiversity and productivity in southern boreal forests. *Ecology*, 82: 2731-2748.
- Renison, D., Chartier, M.P., Menghi, M., Marcora, P.I., Torres, R.C., Giorgis, M.A., Hensen, I. & Cingolani, A.M. 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.

- Renison, D., Cingolani, A.M. & Suárez, R. 2002. Efectos del fuego sobre un bosquecillo de *Polylepis australis* (Rosaceae) en las montañas de Córdoba, Argentina. *Revista Chilena de Historia Natural* 75: 719-727.
- Renison, D., Cuyckens, E., Pacheco, S., Guzmán, G.S., Grau, H.R., Marcora, P. & Robledo, G. 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., Hensen, I., Suárez, R. & Cingolani, A.M. 2006. Cover and growth habit of *Polylepis* woodlands and shrublands in the mountains of central Argentina: human or environmental influence? *Journal of Biogeography* 33: 876-887.
- Torres, R.C., Renison, D., Hensen, I., Suárez, R. & Enrico, L. 2008. *Polylepis australis* regeneration niche in relation to seed dispersal, site characteristics and livestock density. *Forest Ecology and Management* 254: 25-260.