

TRABAJO CIENTÍFICO

Capacidad germinativa y longevidad en semillas de dos especies arbóreas nativas del bosque serrano en el Centro Argentino

Germination capacity and longevity for seeds of two tree species from the Chaco Serrano forest in Central Argentina

Torres, R. C.^{1,2,3} y D. Renison^{1,2,3}

Recibido en octubre de 2019; aceptado en octubre de 2020

RESUMEN

La capacidad germinativa y la longevidad de las semillas determinan la estrategia reproductiva de las especies arbóreas y su conocimiento es importante para planificar la restauración de bosques, ya sea pasiva o asistida mediante siembras o plantaciones a campo. Aquí, nos propusimos averiguar la variabilidad entre sitios de recolección en cuanto a la germinación y longevidad de las semillas, para dos especies nativas del bosque serrano del centro Argentino. Evaluamos la capacidad germinativa de semillas recolectadas de 64 a 66 árboles por especie ubicados en siete sitios y almacenadas bajo condiciones ambientales normalmente usadas por viveristas. La capacidad germinativa de *Ruprechtia apetala* al año uno, cinco y 10 de almacenamiento fue de 84 %, 74 % y 0 %, respectivamente ($p < 0,001$), sin diferencias entre sitios ($p = 0,3$), pero con pequeñas diferencias entre sitios en la longevidad (interacción tiempo de almacenamiento x sitio de recolección, $p = 0,01$). La capacidad germinativa de *Lithraea molleoides* al año uno, cinco y 10 de almacenamiento fue de 42 %, 11 % y 0,6 %, respectivamente ($p < 0,001$) sin diferencias entre sitios de recolección ($p = 0,2$), ni efecto de la interacción ($p = 0,8$). Estos resultados sugieren bancos de semilla en el suelo más persistentes para *R. apetala* que para *L. molleoides*, y tiempos de almacenamiento máximo de semillas de cinco años para *R. apetala* y uno o dos años para *L. molleoides*.

Palabras clave: viabilidad, almacenamiento, *Ruprechtia apetala.*, *Lithraea molleoides*

ABSTRACT

Seed viability and longevity determine the reproductive strategy of tree species and their knowledge is important to plan the restoration of forests, whether passive or assisted by sowing or planting. Here, we aimed to determine the variability among collection sites in terms of germination and longevity of seeds, for two native tree species of Chaco Serrano forest in central Argentina. We assessed the viability of seeds collected from 64-66 trees per species located in seven collection sites and stored under environmental conditions normally used in nurseries. Seed viability for *Ruprechtia apetala* in the years one, five and 10 were 84, 74 and 0 %, respectively ($p < 0.001$), without differences among collection sites ($p = 0.3$), but with small differences among sites regarding seed longevity (interaction time of storage x collection site, $p = 0.01$). Seed viability for *Lithraea molleoides* in the years one, five and 10 were 42 %, 11 % and 0.6 %, respectively ($p < 0.001$), without differences among collection sites ($p = 0.2$), nor the interaction ($p = 0.8$). Our results suggest more persistent soil seed banks for *R. apetala* than for *L. molleoides*, and maximum time of storage of five years for *R. apetala* and one or two years for *L. molleoides*.

Keywords: viability, storage, *Ruprechtia apetala*, *Lithraea molleoides*.

¹ Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Centro de Ecología y Recursos Naturales Renovables. Av. Vélez Sarsfield 1611, X5016GCA Córdoba, Argentina. E-mail: romy.ce2008@gmail.com

² Instituto de Investigaciones Biológicas y Tecnológicas (IIByT), CONICET - Universidad Nacional de Córdoba. Av. Vélez Sarsfield 1611, X5016GCA Córdoba, Argentina.

³ NGO Ecosistemas argentinos. 27 de abril 2050, Córdoba, Argentina

1. INTRODUCCIÓN

El conocimiento acerca de la ecología de las semillas de especies leñosas nativas es fundamental para entender distintos aspectos de la regeneración de los bosques nativos, así como para el uso de semillas en proyectos de conservación y restauración de bosques (Baskin y Baskin, 2014). La capacidad germinativa y la longevidad de las semillas son dos características importantes en especies arbóreas, por sus implicancias en la dinámica poblacional, y porque son esenciales para planificar distintas etapas de la producción (Clewell y Rieger, 1997). La capacidad germinativa de las semillas de leñosas puede ser muy variable entre individuos y poblaciones (Mamo *et al.*, 2006; Seltmann *et al.*, 2007; Valfré-Giorello *et al.*, 2012; Renison *et al.* 2019). Parte de esta variabilidad se debe a características intrínsecas de las especies como sus estrategias reproductivas y características genéticas, y parte es debida a factores extrínsecos como las interacciones con otros organismos (polinizadores, patógenos, predadores), y a la disponibilidad de recursos (Jordano *et al.*, 2004). La longevidad de las semillas, entendida como el tiempo que pueden mantenerse viables después de la desecación, es una característica también variable entre especies y dependiente de factores externos, como la temperatura ambiental, e internos como el contenido de humedad y el genotipo (Bonner, 2008; Walters *et al.*, 2005; Nguyen *et al.*, 2012). Estas variaciones espaciales y temporales en la capacidad germinativa y la longevidad de las semillas reducen la posibilidad de que la progenie sea sometida simultáneamente a condiciones adversas, reduce la competencia en etapas posteriores a la germinación y aumenta la diversidad genética al aumentar la distribución de edades de semillas y plántulas en el banco (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1993; Bernaregui *et al.*, 2015).

El conocimiento acerca de la capacidad germinativa de las semillas y su variabilidad espacial y temporal, así como la información sobre su longevidad, es importante para determinar sitios apropiados para la recolección de frutos y semillas, y para determinar las posibilidades de almacenamiento de las semillas para ser utilizados en proyectos de restauración. Actualmente, en el centro de Argentina, existen numerosas iniciativas de reforestación que se desarrollan a distinta escala, como proyectos institucionales de organizaciones gubernamentales y ONGs, y como iniciativas individuales y vecinales a pequeña escala, muchas veces vinculadas a espacios recreativos y áreas de conservación urbanas (Renison *et al.*, 2016). Algunas de estas acciones de reforestación se realizan con especies leñosas exóticas que pueden transformarse con el tiempo en focos de invasión que generan graves impactos. Las dificultades para el empleo de árboles nativos incluyen las relacionadas con la escasez de información acerca de la producción de plantas nativas y su desempeño en plantaciones a campo. En el Centro de Argentina se ha avanzado mucho en los últimos años y se ha logrado poner en conocimiento de un amplio público la información disponible sobre el cultivo de plantas nativas en varias publicaciones sobre los requerimientos pre germinativos, el cultivo en vivero y las técnicas de plantación para varias especies leñosas nativas (Césere *et al.*, 1997; Jouseau *et al.*, 2013; Demaio *et al.*, 2015; Eynard *et al.*, 2017; de Luca, 2018). Algunos estudios previos han reportado la germinación de especies nativas en relación al contenido de agua de las semillas y luego de algunos meses de almacenamiento en condiciones controladas de banco de germoplasma (Morandini *et al.*, 2013; Paredes *et al.*, 2018). Sin embargo, la capacidad germinativa en relación al tiempo de almacenamiento en condiciones ambientales como las que normalmente usan los viveristas ha sido poco evaluada para las especies nativas.

Es importante destacar que las acciones de restauración son aún insuficientes en el contexto de acelerada reducción de la cobertura de bosques nativos de los últimos 40 años (Zak *et al.*, 2004; Morello y Rodríguez, 2009; Martínez Pastur *et al.*, 2019) y es necesario desarrollar estudios sobre un amplio grupo de especies leñosas nativas que no tienen un uso comercial actual pero son de gran valor ecológico y recomendables para su uso con fines de restauración de bosques nativos.

En este estudio se propuso estudiar la capacidad germinativa en relación al tiempo de almacenamiento de semillas de *Ruprechtia apetala* y *Lithraea molleoides*, dos especies leñosas nativas de amplia distribución en Sudamérica. *Ruprechtia apetala* Wedd. “Manzano del campo”

(Polygonaceae) está asociada a terrenos montañosos de Argentina, Bolivia y Paraguay. Es un árbol pequeño, de 2 m a 10 m de altura, copa redondeada y hojas caducas. Las flores son imperfectas dispuestas en pies separados (dioicos) y el fruto es un aquenio de 9 mm x 3 mm - 4 mm, uniseminado (Demaio *et al.*, 2015). Esta especie ha sido catalogada como “en riesgo bajo” debido a la destrucción de su hábitat por sobrepastoreo de ganado caprino, ovino y vacuno (World Conservation Monitorig Centre, 1998). *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. “Molle” (Anacardiaceae) se distribuye en Argentina, Brasil, Bolivia, Uruguay y Paraguay. Es un árbol mediano de 3 m a 8 m de altura, copa globosa y follaje perenne. Las flores pueden ser perfectas o imperfectas (agrupadas en racimos), dispuestas o no en pies separados (polígamo dioicos). El fruto es una drupa globosa, de 6 mm a 8 mm de diámetro (Demaio *et al.*, 2015). En el centro de Argentina, ambas especies se distribuyen en bosques secos estacionales de montaña, que se caracterizan por su clima subhúmedo con tendencia al semi - seco y precipitaciones de concentradas en el verano, entre octubre y abril, con un promedio anual de 752 mm, a los 980 m s. n. m. (Colladon y Pazos, 2014). La temperatura media anual es 15,7 °C, a los 900 m s. n. m. (Marcora *et al.*, 2008). La vegetación corresponde al Distrito del Chaco Serrano, un bosque de fisonomía heterogénea producto de la variación espacial en el clima y el uso antrópico, principalmente por fuego, herbivoría e invasión de especies exóticas (Hoyos *et al.*, 2010; Giorgis *et al.*, 2011a). Las especies dominantes en los bosques menos disturbados son *L. molleoides* y *Schinopsis lorentzii*, acompañadas por otras especies leñosas como *R. apetala*, *Zanthoxylum coco*, *Celtis erhenbergiana* y *Vachellia caven*, entre otras, cuya abundancia varía a lo largo de gradientes latitudinales, longitudinales y altitudinales (Giorgis *et al.*, 2011b).

En este estudio específicamente nos preguntamos ¿cuál es la capacidad germinativa de semillas de leñosas nativas almacenadas en condiciones ambientales durante cinco y 10 años? ¿Existen variaciones entre sitios de recolección de semillas en cuanto a la capacidad germinativa y longevidad? Planteamos como hipótesis que las especies de estudio conservan su capacidad germinativa luego de ser almacenadas varios años debido a que se trata de semillas ortodoxas, con un contenido de agua bajo, acorde a su desarrollo en un clima con una estación seca prolongada. Planteamos además que la capacidad germinativa y longevidad no será variable entre sitios de recolección de semillas debido a la relativa homogeneidad en la cantidad y estacionalidad de las precipitaciones en la región.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección de semillas y capacidad germinativa

Entre enero y junio de 2008 se recolectaron frutos maduros de todas las ramas accesibles de 64 árboles semilleros de *R. apetala* y 66 árboles semilleros de *L. molleoides*, distribuidos en siete sitios (Tabla 1). Las semillas se secaron a la sombra a temperatura ambiente y luego se almacenaron en bolsas de papel a temperatura y humedad ambiente, en una vivienda ubicada en una localidad serrana (S 31° 28', W 64° 33', 745 m s. n. m., temperatura media de 15 °C y variación en las medias diarias de entre 9,5 °C a 26 °C). Los ensayos de germinación luego se realizaron durante el primer año de la recolección y a los cinco y 10 años de almacenamiento.

Tabla 1. Sitios de recolección de semillas por especie.

Especie	Localidad	Coordenadas	Altitud (m s. n. m.)
<i>R. apetala</i>	Casa Bamba	S 31° 20'; W 64° 24'	600
	San Marcos Sierras	S 30° 47'; W 64° 37'	700
	La Quebrada	S 31° 09'; W 64° 20'	850
	Cuesta Blanca	S 31° 29'; W 64° 34'	850
	San Agustín	S 31° 57'; W 64° 31'	1.000
	Los Molles	S 31° 57'; W 64° 59'	1.000
	Vaquerías	S 31° 06'; W 64° 26'	1.050
<i>L. molleoides</i>	Travesía	S 32° 07'; W 65° 0'	950
	Oro Grueso	S 31° 2'; W 64° 49'	1.050
	Río Pinto	S 31° 05'; W 64° 40'	1.050
	Loma Bola	S 32° 14'; W 64° 59'	1.050
	Ongamira	S 30° 45'; W 64° 28'	1.100
	Tala Cañada	S 31° 35'; W 65° 02'	1.100
	Ambul	S 31° 28'; W 65° 01'	1.200

La capacidad germinativa se evaluó en tres muestras de 20 semillas por árbol semillero (60 semillas x 64/66 árboles), a los cinco y 12 meses de almacenamiento para *R. apetala* y *L. molleoides*, respectivamente. Para *R. apetala* las muestras fueron colocadas en cápsulas de Petri de 5 cm de diámetro y para *L. molleoides* fueron colocadas en recipientes plásticos con arena estéril como sustrato. Debido a que en el primer ensayo con *L. molleoides* (realizado a los cinco meses de almacenamiento de las semillas) hubo gran proliferación de hongos y se obtuvo un bajo porcentaje de germinación (1,1 %, datos no reportados), el ensayo reportado en este estudio es el que realizamos nuevamente a los 12 meses después de la recolección de semillas. Para disminuir la proliferación de hongos, las semillas de *L. molleoides* fueron lavadas en una solución de NaClO (lavandina comercial) al 10 % por 7 minutos y se enjuagaron con agua destilada, y durante este proceso se removió parcialmente la pulpa de los frutos. Las semillas se colocaron a germinar en cámara a 15-25 °C y 12 h de fotoperíodo y el número de semillas germinadas se contó cada siete días hasta que la tasa de germinación disminuyó a cero. Se consideró que una semilla había germinado cuando la radícula alcanzó los 2 mm de longitud. Para más detalles del ensayo ver Torres y Renison (2017). El ensayo se repitió a los cinco y 10 años de almacenamiento.

Análisis estadísticos

Los datos se analizaron por separado para cada especie mediante ANAVA de medidas repetidas empleando el porcentaje de germinación promedio por árbol como variable respuesta, el tiempo de almacenamiento de las semillas como factor intrasujeto (5/12 meses, 5 años y 10 años), el sitio de recolección de semillas como factor entre sujetos, y la interacción tiempo de almacenamiento x sitio de recolección. Las comparaciones entre tratamientos se realizaron mediante la prueba “a posteriori” de Bonferroni con un nivel de significancia de $p = 0,05$. Los datos se analizaron con el programa Infostat 2015 (Di Rienzo *et al.*, 2015).

3. RESULTADOS

La capacidad germinativa de *R. apetala* disminuyó el 13 % durante los primeros cinco años de almacenamiento y el 100 % al año 10 de almacenamiento, con porcentajes de germinación de $84,1 \pm 1,3$ %, $73,7 \pm 2,2$ % y 0 %, en el año de recolección, a los cinco años y a los 10 años de almacenamiento, respectivamente (ANAVA de medidas repetidas, $n = 64$, $F = 1336,0$, $p < 0,001$). No se encontraron diferencias en la capacidad germinativa entre sitios de recolección de semillas

($p = 0,3$), pero la pérdida de capacidad germinativa en el tiempo difirió entre sitios de recolección de semillas (interacción tiempo de almacenamiento x sitio de recolección, $p = 0,01$; Figura 1a).

La capacidad germinativa de *L. molleoides* disminuyó el 74 % durante los primeros cinco años de almacenamiento y el 99 % al año 10 de almacenamiento, con porcentajes de germinación de $41,7 \pm 2,0$ %, $10,7 \pm 1,5$ % y $0,6 \pm 0,3$ %, en el año de recolección, a los cinco años y a los 10 años de almacenamiento, respectivamente (ANAVA de medidas repetidas, $n = 66$, $p < 0,001$). No se encontraron diferencias en la capacidad germinativa entre sitios de recolección ($p = 0,2$), ni efecto de la interacción (interacción tiempo de almacenamiento x sitio de recolección, $p = 0,8$; Figura 1b).

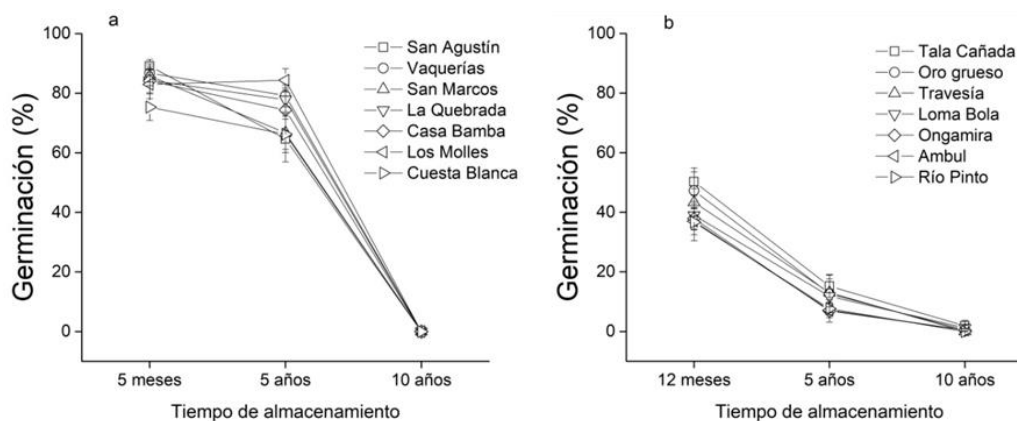


Figura 1. Germinación de semillas de *R. apetala* (a) y *L. molleoides* (b) en relación al tiempo de almacenamiento de las semillas en condiciones ambientales (Media \pm EE).
Diferentes símbolos indican diferentes sitios de recolección de semillas.

4. DISCUSIÓN

Ambas especies conservaron la capacidad germinativa a los cinco años de almacenamiento de las semillas aunque en distinta magnitud, mientras que a los 10 años de almacenamiento hay una pérdida total de la capacidad germinativa, al menos cuando las semillas son almacenadas en condiciones ambientales. El sitio de recolección de semillas no afectó la pérdida de capacidad germinativa en el tiempo en una especie y levemente en la otra especie.

Los valores de capacidad germinativa aquí encontrados son similares a los reportados para estas especies por otros autores (*R. apetala*, Funes *et al.*, (2009); Pais-Bosch *et al.* (2012); Díaz y Molinelli (2018); *L. molleoides*, De Carvalho *et al.*, (2006)). Con respecto a la longevidad, si bien se trata de especies ortodoxas (Jouseau *et al.*, 2013), a nuestro conocimiento no se han reportado estudios sobre la capacidad germinativa de estas especies almacenadas en el largo plazo.

Las condiciones de almacenamiento de las semillas son determinantes para el mantenimiento de la capacidad germinativa en el tiempo y con frecuencia bajo condiciones de temperatura y humedad ambiente la capacidad de germinar disminuye rápidamente y de una manera característica para cada especie (Agacka *et al.*, 2013).

Por una parte, la alta capacidad germinativa de *R. apetala* y la escasa pérdida de viabilidad en 5 años, indican que esta especie podría formar banco de semillas persistente, teniendo la capacidad de germinar por varios años a campo. Además, esta especie suele presentar una fructificación abundante todos los años (observación personal) lo cual sumado a su longevidad podría proporcionarle ventajas para aprovechar ventanas de colonización que son frecuentemente necesarias para la regeneración de las especies leñosas de zonas áridas y semiáridas (Holmgren

et al., 2006; Squeo *et al.*, 2007). Por otra parte, *L. molleoides* perdió la mayor parte de su capacidad germinativa durante los primeros 5 años, aunque algunos individuos pudieron germinar luego de 10 años de almacenamiento, indicando que también podría formar banco de semillas. Esto podría ser particularmente importante para esta especie dado que la fructificación es muy variable entre años (observación personal). Estos resultados obtenidos muestran que las especies estudiadas pueden ser almacenadas tal como son recolectadas y mantener su viabilidad unos años. En el caso de las semillas ortodoxas, se conoce que sufren una desecación natural al finalizar el proceso de maduración entrando en un período de dormición que se rompe cuando las condiciones ambientales son adecuadas para la germinación (Bonner, 2008). Algunas semillas ortodoxas pueden contener, al momento de la recolección, la humedad adecuada para ser almacenadas por algún tiempo, sin requerir un secado artificial, por lo cual podrían ser guardadas tal como son recolectadas. Estudios previos realizados con *L. molleoides* indican que la capacidad germinativa es similar entre semillas almacenadas bajo condiciones controladas con y sin desecación artificial (De Carvalho *et al.*, 2006). Sin embargo, es importante que las semillas ortodoxas se almacenen en un lugar con baja humedad ambiente, ya que el contenido de humedad de las semillas (5 % - 10 %) deberá alcanzar un equilibrio con el entorno (Bonner, 2008). La pérdida de capacidad germinativa encontrada en este estudio luego de los cinco años de almacenamiento podría estar relacionada con posibles fluctuaciones en la humedad ambiente que habrían afectado a la viabilidad.

Además de las implicancias ecológicas de la longevidad, los resultados obtenidos tienen incidencias para la producción en vivero con fines de restauración. La germinación obtenida para *R. apetala* indica que la recolección de frutos y la germinación no son un obstáculo para la producción de plantines de esta especie. Bonner (2008) recomienda que, en el caso de un vivero, el espacio para el almacenamiento de las semillas debe ser suficiente para sostener la producción durante al menos cinco años. En el caso de las especies de estudio, para *R. apetala* sería necesario 0,191 kg de semillas (aproximadamente 6.361 semillas, considerando la cantidad de semillas por kg reportadas por Jouseau *et al.*, 2013) para sostener una producción de 1.000 plántulas al año durante cinco años, con una pérdida de viabilidad promedio anual de 2,7 %. Para *L. molleoides*, sería necesario 1,669 kg de semillas (aproximadamente 23.926 semillas, considerando la cantidad de semillas por kg reportadas por Jouseau *et al.* (2013)) para producir 1.000 plántulas al año durante cinco años, con una pérdida de viabilidad promedio anual de 7,8 %. Disponiendo de un contenedor y espacio de 4,5 L sería posible almacenar estas cantidades de semillas de ambas especies. En base al presente estudio, desaconsejamos el almacenamiento de semillas por más de cinco años en ambas especies.

Agradecimientos

Agradecemos al Programa de Voluntariados Universitarios de la Secretaría de Políticas Universitarias, Ministerio de Educación de la Nación, CONICET y DFG, Alemania, quienes proporcionaron financiamiento.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agacka, M.; A. Depta; M. Börner; T. Doroszewska; F.R. Hay y A. Börner. 2013. Viability of *Nicotiana* spp. seeds stored under ambient Temperatura. *Seed Science and Technology* 41: 474-478.
- Morello, J. H. y A. F. Rodríguez. 2009. *El Chaco sin bosques: la pampa o el desierto sin futuro*. Orientación Gráfica Editora, Buenos Aires. 402 p.
- Baskin, C. C. y J. M. Baskin. 2014. *Seeds: ecology, biogeography, and, evolution of dormancy and germination*. Second Edition. Academic Press Elsevier, Oxford UK. 1600 p.

- Bernareggi, G.; M. Carbognani; A. Petraglia y A. Mondoni. 2015. Climate warming could increase seed longevity of alpine snowbed plants. *Alpine Botany* 125: 69.
- Bonner, F. T. 2008. Storage of seeds. In: Bonner, F. T. and R. P. Karrfalt. *The woody plant seed manual*, p 85-96. Agric. Handbook No. 727. US Department of Agriculture, Forest Service. Washington, DC.
- Césere, M. S.; A. Meehan y M. Boetto. 1997. *Plantas nativas. Su uso en espacios verdes urbanos. Argentina*. Ed. Eudecor, Córdoba. 95 p.
- Clewell, A. y J. P. Rieger. 1997. What practitioners need from restoration ecologists? *Restoration Ecology* 5(4): 350-354.
- Colladon, L. y I. Pazos. 2014. *Anuario pluviométrico 1992-2012. Cuenca del río San Antonio, Sistema del Río Suquía, Provincia de Córdoba*. Instituto Nacional del Agua y del Ambiente (INA) y Centro de Investigaciones de la Región Semiárida (CIRSA), Córdoba. 86 p.
- De Carvalho, L.; A. Amaral y A. Davide. 2006. Classificação de sementes florestais quanto ao comportamento no armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes* 28: 15-25.
- De Luca, N. C. 2018. *Manual de cultivo y forestación de especies nativas para el centro de Argentina*. Miguel Ángel Tréspidi Ediciones, Río Cuarto. 122 p.
- Demaio, P. H.; M. Medina y U. Karlin. 2015. *Árboles Nativos De Argentina. Tomo 1: Centro y Cuyo*. Ecoval Ediciones, Córdoba. 181 p.
- Di Rienzo, J. A.; F. Casanoves; M. G. Balzarini; L. Gonzalez; M. Tablada y C. W. Robledo. 2015. *InfoStat versión 2015*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Díaz, M. S. y M. L. Molinelli. 2018. Caracterización del fruto y la semilla de *Ruprechtia apetala* (Polygonaceae) en relación con la entrada de agua y la germinación. *Bonplandia* 27 (1): 5-22.
- Eynard, C.; A. Calviño y L. Ashworth. 2017. *Cultivo de plantas nativas. Propagación y viverismo de especies de Argentina central*. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba. 446 p.
- Funes, G.; S. M. Díaz y M. P. Venier. 2009. La temperatura como principal determinante de la germinación en especies del Chaco seco de Argentina. *Ecología Austral* 19: 129-138.
- Giorgis, M. A.; P. A. Tecco; A. M. Cingolani; D. Renison; P. Marcora y V. Paiaro. 2011a. Factors associated with woody alien species distribution in a newly invaded mountain system of central Argentina. *Biological Invasions* 13: 1423-1434.
- Giorgis, M. A.; A. M. Cingolani; F. Chiarini; J. Chiapella; G. Barboza; L. Ariza Espinar; R. Morero; D. E. Gurvich; P. A. Tecco; R. Subils y M. Cabido. 2011b. Composición florística del Bosque Chaqueño Serrano de la provincia de Córdoba, Argentina. *Kurtziana* 36: 9-43.
- Holmgren, M.; B. C. López; J. R. Gutiérrez y F. A. Squeo. 2006. Herbivory and plant growth rate determine the success of El Niño Southern Oscillation-driven tree establishment in semiarid South America. *Global Change Biology* 12: 2263-2271.
- Hoyos, L. E.; G. I. Gavier-Pizarro; T. Kuemmerle; E. H. Bucher; V. C. Radeloff y P. A. Tecco. 2010. Invasion of glossy privet (*Ligustrum lucidum*) and native forest loss in the Sierras Chicas of Córdoba, Argentina. *Biological invasions* 12: 3261-3275.
- Jordano, P.; F. Pulido; J. Arroyo; J. L. García-Castaño y P. García-Fayos. 2004. Procesos de limitación demográfica. En: Valladares, F. (Ed). *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*, p 229-248. Ministerio de Medio Ambiente. EGRAF, S. A., Madrid.
- Jouseau, M. J.; M. Y. Coles y G. E. Verzino. 2013. *Conservación de recursos forestales nativos de Argentina. El cultivo de plantas leñosas en vivero y a campo*. Editorial Brujas, Córdoba. 312 p.
- Mamo, N.; M. Mihretu; M. Fekadu; M. Tigabu y D. Teketay. 2006. Variation in seed and germination characteristics among *Juniperus procera* populations in Ethiopia. *Forest Ecology and Management* 225: 320-327.

- Marcora, P.; I. Hensen; D. Renison; P. Seltsmann y 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(4): 630-636.
- Martínez Pastur, G. J.; T. Schlichter; S. D. Matteucci; J. H. Gowda; A. H. Herrera; M. D. T. Manríquez; M. V. Lencinas; J. M. Cellini y P. L. Peri. 2019. Synergies and trade-offs of national conservation policy and agro-forestry management over forest loss in Argentina during the last decade. En: Lorenzo C. (Eds) *Latin America in Times of Global Environmental Change*, p 135-155. The Latin American Studies Book Series. Springer, Cham.
- Morandini, M. N.; E. M. Giamminola y M. L. de Viana. 2013. Tolerancia a la desecación de semillas de *Prosopis ferox* y *Pterogyne nitens* (Fabaceae). *Revista de Biología Tropical* 61 (1): 335-342.
- Nguyen, T. P.; P. Keizer; F. van Eeuwijk; S. Smeekens y L. Bentsink. 2012. Natural variation for seed longevity and seed dormancy are negatively correlated in *Arabidopsis*1. *Plant Physiology* 160: 2083–2092.
- Pais Bosch, A. I.; P. A. Tecco; G. Funes y M. Cabido. 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(3-4): 401-410.
- Paredes, D. A.; M. E. Rodríguez Araujo y D. R. Pérez. 2018. Germinación de tres especies de Fabaceae de interés para la restauración ecológica en el Monte Austral, Patagonia, Argentina. *Quebracho* 26: 68-78.
- Renison, D.; M. L. Herrero; R. C. Torres; R. Suárez; P. Friedlander; S. E. Navarro Ramos; F. Barri y A. M. Cingolani. 2016. El rol de los voluntariados en la restauración ecológica del centro argentino. En: Ceccon, E. y D. Pérez (Eds). *Más allá de la ecología de la restauración: perspectivas sociales en América Latina y el Caribe*, p 55-76. Vázquez Manzini Editores. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Renison, D.; H. Bergero; F. Soterias; M. L. Herrero; J. M. Rodríguez; R. C. Torres; A. M. Cingolani y I. Hensen. 2019. Progeny performance and pathogen attack relative to elevation in a Neotropical tree. *CERNE* 25: 1-7.
- Selmann, P.; I. Leyer; D. Renison y I. Hensen. 2007. Variation of seed mass and its effects on germination in *Polylepis australis*: implications for seed collection. *New Forests* 33: 171-181.
- Squeo, F. A.; M. Holmgren; M. Jiménez; L. Albán; J. Reyes y J. R. Gutiérrez. 2007. Tree establishment along an ENSO experimental gradient in the Atacama desert. *Journal of Vegetation Science* 18: 195-202.
- Torres, R. C. y D. Renison. 2017. Human-induced vegetation changes did not affect tree progeny performance in a seasonally dry forest of central Argentina. *Journal of Arid Environments* 147: 125-132.
- Valfré-Giarello, T. A.; L. Ashworth y D. Renison. 2012. Patrones de germinación de semillas de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs (Euphorbiaceae), árbol nativo del Chaco Serrano de interés en restauración. *Ecología Austral* 22: 92-100.
- Vázquez-Yanes C. y A. Orozco-Segovia. 1993. Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 24: 69-37.
- Walters, C.; L. M. Wheeler y J. M. Grotenhuis. 2005. Longevity of seeds stored in a genebank: species characteristics. *Seed Science Research* 15: 1-20.
- World Conservation Monitoring Centre 1998. *Ruprechtia apetala*. *The IUCN Red List of Threatened Species 1998*: e.T34643A9880837. [En línea]. [Fecha de consulta: 20 August 2019]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1998.RLTS.T34643A9880837.en>.
- Zak, M. R.; M. Cabido y J. G. Hodgson. 2004. Do subtropical seasonal forests in the Gran Chaco, Argentina, have a future? *Biological Conservation* 120: 589-598.

