

COMUNICACIÓN

# ¿El priming como nueva técnica sustentable para las semillas forestales?

*Priming as a new sustainable technique for forest seeds?*

**F. P. Coronel<sup>1</sup> y M. C. Silva<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Cátedra de Fisiología Vegetal, Departamento de Biología, Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques (INSIMA), Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912 Santiago del Estero, Argentina. E-mail: fanypc03@gmail.com

Recibido en mayo de 2023; Aceptado en octubre de 2023

## RESUMEN

Las semillas forestales presentan gran variabilidad genética y ambiental dentro y entre las poblaciones. La germinación y el establecimiento de plántulas constituyen los periodos más críticos en el ciclo de vida de las plantas y en especial de aquellas que se desarrollan en regiones áridas y semiáridas. En especies leñosas existe muy poca información referente al manejo de la semilla para obtener parámetros de calidad en las mismas. La aplicación del priming es uno de los tratamientos que permitiría un incremento en la tasa de germinación y la uniformidad de emergencia, produciendo un rápido y mejor desarrollo de las plántulas. El objetivo de este trabajo es desarrollar conocimientos que contribuyan a evaluar la aplicación del priming en la germinación de semillas de especies forestales de interés socioeconómico y ambiental de la región Chaqueña.

Palabras claves: Germoplasma, Fisiología, Osmocondicionamiento, Especies leñosas

## ABSTRACT

Forest seeds present great genetic and environmental variability within and between populations. Germination and seedling establishment constitute the most critical periods in the life cycle of plants, especially those that develop in arid and semi-arid regions. In woody species there is scarce information regarding seed management to obtain quality parameters in them. The application of priming is one of the treatments that could increase the germination rate and the emergence uniformity, producing a rapid and better development of the seedlings. The objective of this work is to create knowledge that contributes to evaluate the application of priming to the germination of seeds of forest species of socioeconomic and environmental interest in the Chaco region.

Keywords: Germplasm, Osmoconditioning, Physiology, Woody species

## 1. INTRODUCCIÓN

Los bosques nativos brindan una amplia variedad de bienes y servicios ecosistémicos (provisión, regulación de los procesos ecosistémicos, culturales, y soporte que hacen posible la provisión de todos los otros servicios) otorgando diferentes oportunidades sociales y económicas (Peri *et al.*, 2021). Esta capacidad se ve afectada por el cambio climático, que modifica su estructura, su composición y funcionamiento al tener que enfrentar y adaptarse a nuevos ambientes más estresantes (IPCC, 2007). La producción de semillas forestales es una función primordial no solo para asegurar la conservación de los ecosistemas forestales, sino también para la producción del sector (Grayson *et al.*, 2002; Shelton y Cain, 2002; Alba-Landa *et al.*, 2001; Owens, 1995). Sin embargo, la producción de semillas es variable entre las especies, las regiones y los años debido a la gran variabilidad genética dentro las poblaciones y entre las mismas, como así también a las respuestas climáticas características de los sitios en los que habitan (Ramírez Valiente, 2010).

Siguiendo la línea de complejidad de las especies forestales, las semillas tienen mecanismos y estructuras sensibles a las condiciones ambientales que regulan la imbibición y aseguran que la germinación se presente bajo condiciones favorables (Zertuche *et al.*, 2000) y que a su vez estas condiciones ambientales se ven afectadas por el cambio climático.

Se sabe que, de todos los procesos fisiológicos, la germinación y el establecimiento de plántulas constituyen los periodos más críticos en el ciclo de vida de las plantas y en especial de aquellas que se desarrollan en regiones áridas y semiáridas (Villagra y Cavagnaro, 2005). Ambos procesos están regulados y limitados por la disponibilidad de agua. Los mecanismos de resistencia a la sequía o la baja disponibilidad de agua en estos estadios, se conocen en la actualidad como mecanismos de tolerancia a la desecación (Vertucci y Farrant, 1995). Esta es una propiedad compleja que involucra interacciones metabólicas y ajustes estructurales para mantener la suficiente integridad estructural y funcional para reparar los daños, cuando el agua está disponible (Leprince *et al.*, 1993). Conocer la fisiología y ecología de las semillas resulta de suma importancia a la hora de desarrollar técnicas que permitan incrementar la sobrevivencia de las especies forestales en condiciones adversas (Zertuche *et al.*, 2000).

El priming es una técnica que controla el nivel de hidratación en el interior de la semilla y permite que se lleven a cabo los procesos metabólicos (físicos y químicos) previos a la germinación (Rudnev, 2017; Orobinsky, 2018). Luego, las semillas pueden ser secadas y almacenadas para ser sembradas bajo métodos convencionales (Bradford, 1995; Parera y Cantiliffe, 1994). Su aplicación ha permitido obtener mejores rendimientos de las semillas agrícolas aumentando la tasa de germinación y la uniformidad de emergencia, lo que se traduce en un rápido y mejor desarrollo de las plántulas (Cramer 2002; Basra *et al.* 2004; Castañares y Bouzo 2018; Sohail *et al.* 2018). Esto se debe a que no sólo tiene efecto en el proceso de germinación sino también en las etapas posteriores a la misma (Chen y Arora 2013). Se ha evidenciado que las semillas tratadas bajo esta técnica, se convirtieron en cultivos más fuertes (Nerson 2007; Dursun y Ekinci 2010; Sharma *et al.* 2014) en el sentido de poseer una mejor capacidad para competir con las malezas y su tolerancia a la infección de patógenos (Ellis y Butcher 1988; Hill *et al.* 2008) y mejorar el establecimiento de plantas bajo condiciones de estrés abiótico (Soeda *et al.* 2005; Nerson 2007; Khan *et al.* 2008; Patade *et al.* 2009; Bewley *et al.* 2013; Maiti y Pramanik 2013; Paparella *et al.*, 2015). Esta técnica es considerada como una tecnología sustentable, desarrollada y aplicada desde hace varias décadas en el área de las ciencias agronómicas para satisfacer las demandas productivas del sector agropecuario y alimenticio que enfrentan nuevos desafíos en ambientes cambiantes. A pesar de estos precedentes, existen escasos estudios a nivel mundial sobre la aplicación del priming en especies forestales (Zertuche *et al.*, 2000).

En los escasos estudios que hay sobre calidad de semillas de las especies nativas del Chaco, no se profundiza sobre las causas de la baja germinación observada en algunas especies (Speroni, 2000). Actualmente se pretende desarrollar técnicas amigables con el ambiente que permitan mejorar la calidad fisiológica de las semillas forestales (Rifna *et al.*, 2019).

Este trabajo pretende poner a prueba la hipótesis de que la aplicación del priming en especies forestales mejoraría el proceso y la velocidad de germinación como también la calidad de semillas. Para ello resulta necesario desarrollar conocimientos relacionados a la cinética de imbibición de las semillas forestales para luego determinar el efecto del método de priming en parámetros concernientes a los procesos fisiológicos de germinación y calidad de semilla.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabaja con semillas forestales de una especie nativa: *Neltuma alba* (ex *Prosopis alba*) y una especie exótica: *Leucaena leucocephala*. Ambas de interés socioeconómico y ambiental.

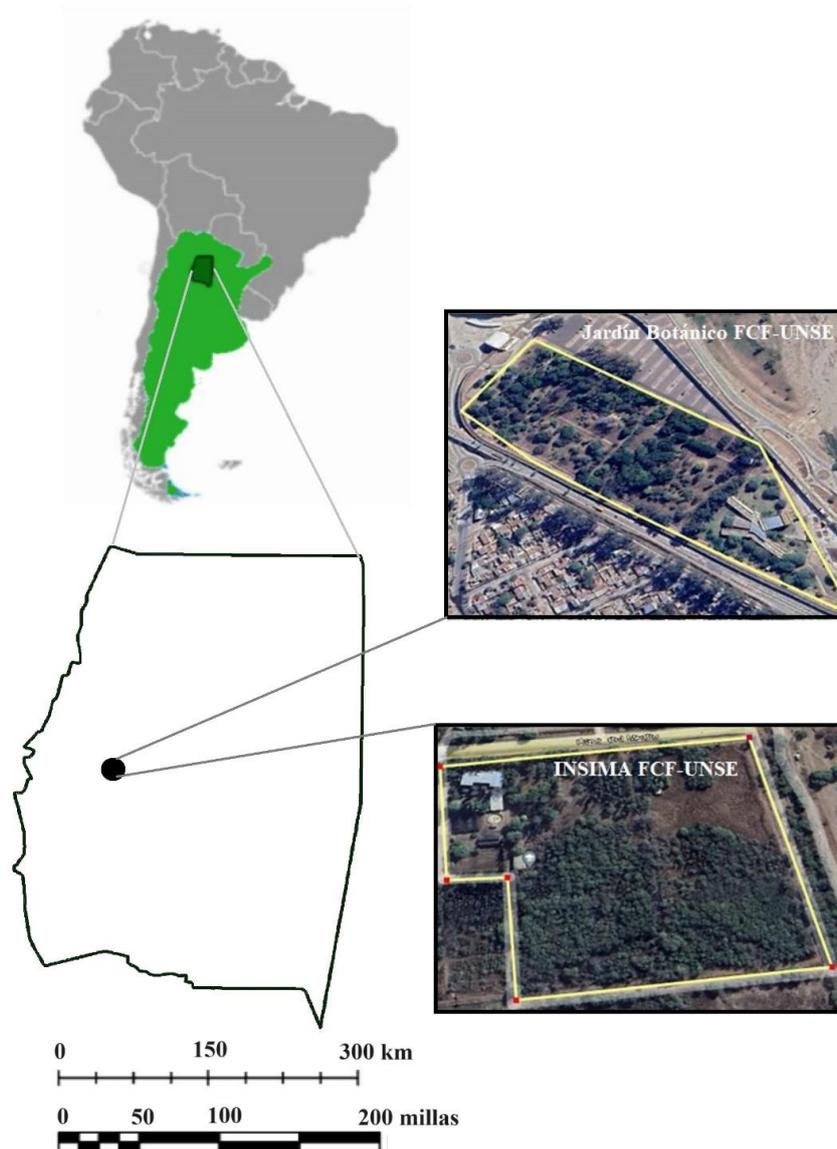
*Neltuma alba* "algarrobo blanco", posee una extensa área de distribución natural en Sudamérica: se encuentra en Argentina, Uruguay, Paraguay, en el pantanal de Brasil, sur de Bolivia y norte de Chile y Perú (Delvalle *et al.*, 2006); en Argentina, es muy abundante en la zona centro y norte del país, en las provincias fitogeográficas del Chaco, Espinal y del Monte (Ledesma *et al.*, 2008); se la encuentra principalmente en las provincias de Córdoba, Santiago del Estero, La Rioja, Catamarca, Tucumán, Salta, Santa Fe, Chaco y Formosa (Venier *et al.*, 2013). Es una especie de árboles pioneros, heliófilos, adaptados a condiciones de climas áridos y semiáridos con suelos salinos y degradados. Se la considera rústica, con gran plasticidad y soporta condiciones extremas de humedad y temperatura (Di Marco, 2013). Se la considera como una especie multipropósito debido a los productos y servicios que genera. Según Demaio *et al.* (2015) es una especie forestal de gran importancia regional debido a la diversidad de usos tanto madereros como alimenticios, forrajeros y medicinales.

*Leucaena leucocephala* "leucaena", se distribuye en los trópicos, por todo México y América Central; se produce de forma natural en la Península de Yucatán y en el Istmo de Tehuantepec, en el sur de México (Cook *et al.*, 2005, Loya *et al.*, 2014). Se ha extendido en una amplia gama de sitios, un tanto libres de heladas, también está presente en muchas zonas semiáridas, siempre que exista algo de humedad en el suelo (Heuzé y Tran, 2015). Actualmente está naturalizada en la mayoría de países latinoamericanos. Durante las últimas dos décadas, se han llevado a cabo considerables investigaciones y promoción de la leucaena en Colombia, México, Cuba, Brasil, Paraguay y Argentina. La investigación se centró en las opciones agronómicas y de manejo para la alimentación de animales de carne, lecheros o de doble propósito, con algunos estudios sobre germoplasma, problemas de maleza, toxicidad, aplicación de fertilizantes orgánicos y servicios ambientales (Pachas *et al.*, 2019). Su establecimiento y gestión varían según la región, caracterizándose tres tipos de sistemas productivos en los que se la ha venido cultivando: sistemas de banco de proteínas (Cuba y Venezuela), sistemas silvopastoriles intensivos (Argentina, Colombia, México, Panamá y Brasil), y sistemas de estilo australiano (Paraguay y Argentina) (Pachas *et al.*, 2019).

El germoplasma de algarrobo blanco fue recolectado de 15 árboles pertenecientes a dos poblaciones naturales. Para la selección de los árboles semilleros se tuvieron en cuenta que los individuos presenten las siguientes características: ser árboles adultos, pertenecientes a rodales puros, poseer características deseables, estar adaptados a la zona, ser sanos y dominantes (Joseau *et al.*, 2006). La cosecha se realizó en diciembre del 2022. La recolección de germoplasma de leucaena se realizó en dos rodales establecidos hace más de 20 años y se adoptaron los mismos criterios de selección de árboles semilleros que para la especie nativa. La cosecha se ejecutó durante los meses de marzo y abril del 2022.

Se establecieron dos sitios de recolección: zona Norte correspondiente al predio del Jardín Botánico (27°46'S, 64°18' O y a 190 m s. n. m.) y zona Sur correspondiente al predio del Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosque Nativo (27°52'28.05''S, 64°14'15.37''O y 179 m s. n. m.), ambos pertenecientes a la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (Figura 1). Los sitios seleccionados se encuentran dentro de la provincia fitogeográfica Chaqueña, ecorregión Chaco seco y subregión semiárida. El clima es continental cálido subtropical y aloja el polo del calor sudamericano entendido como el territorio donde las máximas absolutas superan los 47 °C, siendo Santiago del Estero, una de las provincias que integra la región con los valores más altos de temperatura máximas absolutas 47,4 °C. La temperatura

media anual oscila entre 18 y 22 °C, los promedios de enero van de 23 °C (zonas cercanas a las cordilleras) hasta 28 °C (zonas centrales). Los promedios de temperaturas de julio oscilan latitudinalmente de 16° a 10 °C. Rasgos esenciales del termoclima de la ecorregión son: gran amplitud térmica diaria asociada a gran variación estacional. En invierno la entrada de frentes fríos origina heladas en toda la ecorregión. Las precipitaciones van de 400 a 700 mm caracterizándose por seguir un régimen monzónico, concentrando el 80 % de las lluvias, entre los meses de octubre y marzo (Burkart *et al.*, 1999).



**Figura 1.** Sitios de recolección de semillas de la especie *Neltuma alba* y *Leucaena leucocephala*.

Se recolectaron en total 5 kg de vainas de algarrobo blanco, lo que corresponde a un rendimiento de 5.400 unidades de semilla (Carranza, *et al.*, 2005) (Figura 2), mientras que de la especie leucaena unas 150 vainas, que corresponde a un rendimiento de 4.500 unidades de semillas (Zárate, 1987) (Figura 3). Las semillas de algarrobo y leucaena fueron colocadas en bolsas de papel y almacenadas en condiciones de humedad y temperatura controladas.



**Figura 2.** Árbol semillero *Neltuma alba*. Vainas y semillas de algarroba.



**Figura 3.** Árbol semillero *Leucaena leucocephala*. Vainas y semillas de la especie.

La efectividad del priming se evalúa en un diseño completamente aleatorizado, con dos tratamientos: semillas testigo y semillas con priming, en unidades experimentales de 200 semillas con 5 repeticiones (ISTA, 2016).

Las variables a comprar son el poder germinativo (PG) y el tiempo medio de germinación (TMG) (Nichols y Heidecker, 1996). Las semillas se ponen a germinar en rollos de papel humedecidos con agua destilada en cámara de germinación y se las incuba a temperatura constante de 25 °C

fotoperiodo de 12 hs. (González *et al.*, 2006). Se considera semilla germinada una vez emergido los cotiledones (Meloni *et al.*, 2017).

$$PG = (N^{\circ} \text{ de semillas germinadas} / N^{\circ} \text{ de semillas sembradas}) * 100$$

$$TMG = \Sigma (f * x_i) / \Sigma x_i$$

Dónde:

$x_i$ : número de nuevas semillas germinadas cada 24 horas.

$f$ : número de días desde que las semillas fueron colocadas a germinar.

### 3. RESULTADOS ESPERADOS Y DISCUSIÓN

Con relación a la capacidad de germinación natural en la especie *Neltuma alba*, la emergencia de los cotiledones se produce a partir del séptimo día, mientras que el mayor porcentaje de emergencia se produce en el décimo día (Senilliani *et al.*, 2020). En *Leucaena leucocephala* la emergencia de los cotiledones se producen a partir del sexto día de siembra y el mayor porcentaje de emergencia al trigésimo día (Medina *et al.*, 2007). Una vez aplicado el tratamiento del priming, en semillas de las dos especies, se espera que el inicio de la emergencia de cotiledones se dé a menor tiempo que en el proceso natural, esto es a partir del segundo día en algarrobo y del tercer a cuarto día en leucaena. Así mismo se espera que el mayor porcentaje de emergencia se dé en el quinto día en algarrobo y al séptimo día en leucaena.

Con la cinética de imbibición se espera determinar la velocidad de hidratación de las semillas y en consecuencia el tiempo previo a la germinación (Marabi *et al.*, 2003; Sánchez *et al.*, 1997). Esta característica es propia para cada especie y depende del tipo de sustancia de reserva que contengan. Así se ha determinado que, para semillas de algunas leguminosas la cantidad de agua que penetra asciende a 180 % (Courtis, 2013). Se ha evidenciado en semillas de trigo (*Triticum aestivum* L.) (Abenavoli *et al.*, 2006) y maíz (*Zea mays* L.) (Yu-qin y Song-quan, 2008) que el consumo de agua es más rápido durante la fase I que culmina con las primeras seis horas. Robert *et al.* (2008) menciona que este rápido consumo de agua se atribuye a una diferencia de presiones del potencial osmótico de la semilla con el agua, afectando directamente el tamaño y forma de la misma. Así mismo el fenómeno de expulsión de solutos, ocurrido durante esta etapa, también ha sido descrita en semillas de rábano (*Raphanus sativus*) por Murphy y Noland (1982). Tal comportamiento se relaciona con el color de la semilla, ya que semillas de testa oscura liberan taninos y compuestos oxidativos que afectan la germinación (Rahman y McVetty, 2011; Gairola *et al.*, 2018). De lo anterior, Bradford (1990) menciona que semillas de testa clara son más rápidas en imbibición, tal como se observa en el comportamiento.

La acción del priming en las semillas tiene alcances profundos desde el punto de vista fisiológicos, bioquímicos y moleculares. Así en semillas de melón se ha evidenciado un aumento en la respuesta adaptativa a la salinidad (Castañares y Bouzo 2020). Mientras que en semillas de coriandro aumentó la velocidad y eficacia de implantación (Bazzigalupil *et al.*, 2013).

No existe duda del efecto benéfico del priming en la tasa y sincronización de la germinación en las semillas de especies agronómicas. Sin embargo, para implementar esta nueva técnica en semillas forestales, es necesario tener en cuenta que el éxito o fracaso de los tratamientos del priming está influenciado por la interacción compleja de factores incluyendo, la especie, el

potencial osmótico e hídrico, la duración del priming, la temperatura, el vigor de las semillas y de las condiciones de deshidratación y almacenamiento después del priming (Parera y Cantliffe; 1994).

#### AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración y el apoyo recibido de la Sra. Elba Bravo.

#### 4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abenavoli, M. R.; G. Cacco; A. Sorgonà; R. Marabottini; A. R. Paolacci; M. Ciaffi and M. Badiani. 2006. The inhibitory effects of coumarin on the germination of durum wheat (*Triticum turgidum* ssp. durum cv. Simeto) seeds. *J. of Chemical Ecology*, 32(2): 489-506. <https://doi.org/10.1007/s10886-005-9011-x>
- Alba-Landa, J.; L. del C. Mendizábal Hernández y R. J. Márquez. 2001. Comparación del potencial de producción de semillas de *Pinus oaxacana* Mirov de dos cosechas en Los Molinos, Veracruz, México. *Foresta Veracruzana*, 3(1): 35-38.
- Basra, S. M. A.; M. Farooq; K. Hafeez; N. Ahmad. 2004. Osmohardening: A new technique for rice seed invigoration. *Int. Rice Res. Notes* 29: 80-81.
- Bazzigalupil, O.; A. Font; A. Llera y C. Aquilano. 2013 Efecto de tiempos de imbibición y soluciones aplicadas en el priming sobre el comportamiento germinativo de semillas de coriandro. *Revista Horticultura Argentina* 32(79): 20-24.
- Bewley, J. D.; K. J. Bradford; H. W. Hilhorst; H. Nonogaki. 2013. *Seeds: physiology of development, germination and dormancy*, 3rd edition. Springer, New York. p.381.
- Bradford, K. J. 1995. Water relations in seed germination. In: *Seed development and germination*. (eds. J. Kigel and G. Galili). p. 351-396. Marcel Dekker, New York.
- Bradford, K. J. 1990. A water relations analysis of seed germination rates. *Plant Physiology*, 94(2): 840-849. <https://doi.org/10.1104/pp.94.2.840>
- Burkart, R.; N. Barbaro; R.O. Sanchez y D.A. Gomez. 1999. *Ecorregiones de la Argentina*. Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable-ANP, Buenos Aires.
- Carranza, C.; J. Joseau; M. Ledesma y M. Verga. 2005. *El cultivo del Algarrobo. Obtención de semilla, vivero y plantación del algarrobo con especial referencia al Chaco Árido argentino*. INTA, Argentina, p.21.
- Castañares, J.; C. Bouzo. 2018. Effect of priming on germination and initial growth of melon plants under salt stress. *Fave. Sección ciencias agrarias* 16(2): 7-16 <https://doi.org/10.14409/fa.v16i2.7014>
- Castañares, J. L.; C. Bouzo. 2020. Seed priming induces biochemical changes in melon plants and increases salt tolerance. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias* 46(2): 208-217.
- Chen, K. and R. Arora. 2013. Priming memory invokes seed stress-tolerance. *Environmental and experimental Botany* 94: 33-45.
- Cook, B. G.; B. C. Pengelly; S. D. Brown; J. L. Donnelly; D. A. Eagles; M. A. Franco; J. Hanson; B. F. Mullen; I. J. Partridge; M. Peters y R. Schultze-Kraft. 2005. *Forrajes Tropicales. CSIRO, DPI & F (Queensland), el CIAT y el ILRI. Brisbane, Australia*. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/49072> (Fecha de consulta: enero de 2019).

- Courtis, A. C. 2013. *Germinación de semillas*. Cátedra de Fisiología Vegetal. Fisiología Vegetal. Departamento de Biología. Área de Botánica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional del Nordeste, 1, 1-22. <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/GuiadeestudioGerminacion.pdf>
- Cramer, G. R. 2002. Sodium-calcium interactions under salinity stress. (Eds. Läuchli A.; Lüttge U.). *Salinity: Environment-Plants-Molecules*, 205-227p, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Delvalle, P. 2006. *Raleo selectivo en forestación joven de algarrobo blanco*. 2º Jornadas Forestales de Santiago del Estero. Santiago del Estero, 15 y 16 de Junio de 2006. 6 págs.
- Demaió, P.; U. Karlin; M. Medina. 2015. *Árboles nativos de Argentina* (Vol. 1). Córdoba, Argentina: Ecoval Ediciones. 188 págs.
- Di Marco, E. 2013. *Prosopis alba Griseb. (Algarrobo Blanco) (Familia Fabaceae, Mimosoideas)*. Ficha Técnica. Área Técnica Promoción Dirección de Producción Forestal MAGyP. <http://forestindustria.magyp.gob.ar/archivos/procedimiento-requerido-en-plantaciones/prosopis-alba-griseb-familia-fabaceae-mimosoide.pdf>
- Dursun, A. and M. Ekinici. 2010. Effects of different priming treatments and priming durations on germination percentage of parsley (*Petroselinum crispum* L.) seeds. *Agricultural Sciences* 1(01): 17-23.
- Ellis, R. H.; P. H. Butcher. 1988. The effects of priming and “natural” differences in quality amongstonion seed lots on the response of the rate of germination to temperature and the identification of the characteristics under genotypic control. *Journal of Experimental Botany* 39(7): 935-950.
- Gairola, S.; H. A. Shabana; T. Mahmoud and A. Santo. 2018. Effects of seed colour heterogeneity on germination behaviour of the desert plant *Lotononis platycarpa* (Fabaceae). *Nordic Journal of Botany* 36(3). <https://doi.org/10.1111/njb.01617>
- González, D.; M. Pece; M. Acosta; M. Abdala y D. Meloni, D. 2006. *Germinación de vinal (Prosopis ruscifolia G.) en soluciones isoosmóticas de NaCl y Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>*. III Congreso Iberoamericano de Ambiente y Calidad de Vida. Catamarca, Argentina, 27 al 29 de septiembre de 2006.
- Grayson, K. J.; R. F. Wittwer and M. G. Shelton. 2002. *Cone characteristics and seed quality 10 years after an uneven-age regeneration cut in shortleaf pine stands*. In: Eleventh Biennial Southern Silvicultural Research Conference, pp.310-314.
- Heuzé, V. and G. Tran. 2015. *Leucaena (Leucaena leucocephala)*. *Feedipedia*. Un programa de INRA, CIRAD, AFZ y FAO. <https://www.feedipedia.org/node/282> (Fecha de consulta: octubre de 2019).
- Hill, H.; K. Bradford; J. Cunningham And A. G. Taylor. 2008. *Primed lettuce seeds exhibit increased sensitivity to moisture during aging*. IV International Symposium on Seed, Transplant and Stand Establishment of Horticultural Crops; Translating Seed and Seedling 782, pp. 135-142.
- IPCC, 2007. *Summary for Policymakers*. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental. <https://hal.science/hal-03334554>
- International Seed Testing Association (ISTA) 2016 *Reglas Internacionales para el Análisis de las Semillas 2016*. Edición en español. Asociación internacional de análisis de semillas.

- Joseau, M. J.; M. Ledesma; A. Verga & C. Carranza. 2006. *El cultivo del algarrobo: obtención de semilla, vivero y plantación del algarrobo: con especial referencia al Chaco árido argentino*. Ediciones INTA.
- Khan, A.; S. K. Khalil; A. Z. Khan; K. B. Marwat; A. Afzal. 2008. The role of seed priming in semi-arid area for mung bean phenology and yield. *Pak. J. Bot.* 40(6): 2471-2480.
- Ledesma, T.; G. De Bedia; C. López. 2008. Productividad de *Prosopis alba* Griseb. en Santiago del Estero. *Quebracho* 15(1): 5-9.
- Leprince, O.; G. A. F. Hendry and B. D. Me Kersi. 1993. The mechanism of desiccation tolerance in developing seeds. *Seed Science Research* 3(4): 231-246.
- Loya, O. J. L.; S. Martínez; O. F. Prado; Y. S. Valdés; A. A. Gómez; F. Escalera; R. Macedo y N. Durán. 2014. *El sistema Silvopastoril. Sistema superior editorial*. Tepic, Nay., México. 104 p.
- Maiti, R.; K. Pramanik. 2013. Vegetable seed priming: a low cost, simple and powerful techniques for farmers' livelihood. *International Journal of Bio-resource and Stress Management* 4(4): 475-481.
- Marabi, A.; S. Livings; M. Jacobson and I. S. Saguy. 2003. Normalized Weibull distribution for modeling rehydration of food particulates. *European Food Research & Technology* 217: 311-318.
- Medina, M. G.; D. E. García; T. Clavero; J. M. Iglesias. 2007. Estudio comparativo de *Moringa oleifera* y *Leucaena leucocephala* durante la germinación y la etapa inicial de crecimiento. *Zootecnia Tropical* 25(2): 83-93.
- Meloni, D. A. (compilador). 2017. *Fisiología Vegetal: Respuestas de especies leñosas al estrés salino*. EDUNSE, editorial universitaria. p.165.
- Murphy, J. B. y T. L. Noland. 1982. Temperature effects on seed imbibition and leakage mediated by viscosity and membranes. *Plant Physiol* 69: 428-431.
- Nerson, H. 2007. Seed production and germinability of cucurbit crops. *Seed Science and Biotechnology* 1(1): 1-10.
- Nichols, M. A.; W. Heidecker. 1996. Two approaches to the study of germination data. *Proceeding of International Seed Testing Association* 33(3): 351-340.
- Orobinsky, V. L. 2018. *Seed refinement in the harvesting and post-harvesting process*. In: International scientific and practical conference. Agro-SMART-Smart solutions for agriculture (Agro-SMART 2018), pp. 870-874. Atlantis Press.
- Owens, J. N. 1995. Constraints to seed production: temperate and tropical trees. *Tree Physiology* 15(7-8): 477-484.
- Pachas, N. A.; A. Radrizzani; E. Murgueitio; F. Uribe; A. Z. Cadavid; J. Chará & L. Ramírez-Avilés. 2019. Establishment and management of leucaena in Latin America. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales* 7(2): 127-132.
- Paparella, S.; S. Araújo; G. Rossi; M. Wijayasinghe; D. Carbonera; A. Balestrazzi. 2015. Seed priming: state of the art and new perspectives. *Plant Cell Reports* 34: 1281-1293. <https://doi.org/10.1007/s00299-015-1784-y>
- Parera, C. A.; D. J. Cantliffe. 1994. Dehydration rate after siol matrix priming alters seed performance of *shrunken-2* corn J. Am. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 119(3): 629-635.

- Patade, V. Y.; B. Sujata; P. Suprasanna. 2009. Halopriming imparts tolerance to salt and PEG induced drought stress in sugarcane. *Agriculture, ecosystems & environment* 134(1-2): 24-28.
- Peri, P.; G. Martínez Pastur and T. Schlichter (Eds.) 2021. Recomendaciones generales para el manejo y la conservación futura del bosque nativo en la Argentina. *Uso sostenible del bosque: aportes desde la Silvicultura Argentina*. p.861-888. Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación, Argentina.
- Rahman, M. and P. McVetty. 2011. A review of Brassica seed color. *Canadian Journal of Plant Science* 91(3): 437-446. <https://doi.org/10.4141/cjps10124>
- Ramírez Valiente, J. A. 2010. *Plasticidad fenotípica y diferenciación genética inter e intrapoblacional en Quercus Suber L.: evaluación mediante caracteres fisiológicos y marcadores moleculares*. Tesis (Doctoral), E.T.S.I. Montes (UPM).
- Rifna, E. J. 2019. Emerging technology applications for improving seed germination. *Trends in Food Science & Technology* 86: 95-108.
- Robert, C.; A. Noriega; A. Tocino; E. Cervantes. 2008. Morphological analysis of seed shape in *Arabidopsis thaliana* reveals altered polarity in mutants of the ethylene signaling pathway. *J. of Plant Physiol* 165: 911-919
- Rudnev, S. G. 2017. Principles of organization of post-harvest grain processing. In: *International Scientific and Practical Conference World science* 2(4): 16-19, ROST.
- Sánchez, J. A.; E. Calvo; R. Orta; B. Muñoz. 1997. Tratamientos pregerminativos de hidratación. Deshidratación para semillas de pepino (*Cucumis sativus* L.). *Acta Botánica Mexicana* 38: 13-20.
- Senilliani, M.; P. Alvarez; A. Guzmán; M. Brassiolo. 2020. *Fases de crecimiento en Prosopis alba y uso de sustratos locales*. En: III Congreso Internacional del Gran Chaco Americano, Santiago del Estero, Argentina. 12 y 13 de noviembre del 2020. [https://www.researchgate.net/publication/346005329\\_Fases\\_de\\_crecimiento\\_en\\_Prosopis\\_alba\\_y\\_uso\\_de\\_sustratos\\_locales](https://www.researchgate.net/publication/346005329_Fases_de_crecimiento_en_Prosopis_alba_y_uso_de_sustratos_locales)
- Sharma, A. D.; S. V. Rathore; K. Srinivasan; R. K. Tyagi. 2014. Comparison of various seed priming methods for seed germination, seedling vigour and fruit yield in okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). *Scientia horticultrae* 165(22): 75-81.
- Shelton, M. G. and M. D. Cain. 2002. *Do cones in tops of harvested shortleaf pines contribute to the stand's seed supply?* Asheville, North Carolina: US Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station, pp. 315-319.
- Soeda, Y.; M. C. Konings; O. Vorst; A. Van Houwelingen; G. M. Stoop; C. A. Maliepaard; J. Kodde; R. J. Bino.; S. Groot. 2005. Gene expression programs during *Brassica oleracea* seed maturation, osmopriming, and germination are indicators of progression of the germination process and the stress tolerance level. *Plant Physiology* 137(1): 354-368.
- Sohail, S. A.; A. K. Chaurasia; B. M. Bara. 2018. Effect of different seed priming methods on germination and vigour of Kabuli Chickpea (*Cicer kabulium* L.) seeds. *Int. J. Curr Microbiol. App. Sci.* 7(8): 1396-1404.
- Speroni, G. 2000. *Aspectos de la Biología Reproductiva de Trifolium polymorphum Poir. (Fabaceae, Papilionoideae)*. Tesis de Maestría, opción Botánica, área Biología. Programa de Desarrollo en Ciencias Básicas. Universidad de la República, Montevideo.
- Venier, P.; A. Cosacov; D. López-Lauenstein; C. Vega; A. Verga. 2013. Impacto del cambio climático sobre la distribución de *Prosopis hassleri* y *P. alba* en la región Chaqueña. *Produccion forestal* 7(3): 35-38.

- Vertucci, C. W. y M. Farrantj. 1995. Acquisition and Loss of Desiccation Tolerance En: Kigel, J. y Galili, G. Edrs. *Seed development and germination*, 237-272.
- Villagra, P. E. y J. B. Cavagnaro. 2005. Effects of salinity on the establishment and early growth of *Prosopis argentina* and *Prosopis alpataco* seedlings in two contrasting soils: implications for their ecological success. *Austral Ecology* 30(3): 325-335.
- Yu-qin, M. and S. Song-quan. 2008. Early morphological and physiological events occurring during germination of maize seeds. *Agricultural Sciences in China* 7(8): 950-957.
- Zárate, R. 1987. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit subsp. *glabrata*. *Phytologia* 63(4): 304-306.
- Zertuche, L.; A. Segovia; C. Vázquez. 2000. El ambiente de la semilla en el suelo: su efecto en la germinación y en la sobrevivencia de la plántula. *Botanical Sciences* (65): 73-81. <https://doi.org/10.17129/botsci.1597>.

