



Efecto del poliacrilato de sodio (PANA) en la fase de precondicionamiento del *Pinus radiata* en vivero

Effect of sodium polyacrylate (PANA) in the preconditioning phase of *Pinus radiata* in the nursery

Rosario M. Bernaola-Paucar^{1,*}; Ysaías Zanabria Cáceres¹; Gelly Clemente Archi¹

¹ Estación Experimental Agraria Santa Ana, Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario, Instituto Nacional de Innovación Agraria, Huancayo, Junín 12007, Perú.

ORCID de los autores:

R. M. Bernaola-Paucar: <https://orcid.org/0000-0003-0397-3898>

Y. Zanabria Cáceres: <https://orcid.org/0000-0003-1313-2494>

G. Clemente Archi: <https://orcid.org/0000-0001-7511-3227>

RESUMEN

El proyecto tiene como objetivo evaluar el efecto del poliacrilato de Sodio (PANA) en el precondicionamiento del *Pinus radiata* D. Don en vivero. El polímero (PANA y celulosa) se mezcló con el sustrato al momento de trasplantar 90 plántulas de *P. radiata* en bolsas de 3000 ml, pero 90 plantas de trasplantaron sin la presencia del polímero (testigo), se evaluaron la calidad morfológica de las plántulas e índices de calidad, mediante un diseño unifactorial. Los resultados muestran que todas las variables evaluadas presentaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$), con excepción de la altura. Finalmente, el testigo presentó un mayor desarrollo morfológico en comparación al tratamiento que contiene el polímero en el sustrato, debió al déficit de humedad al que fue sometido el tratamiento con presencia del polímero. La fase de precondicionamiento no afectó el desarrollo morfológico del *P. radiata* en vivero debido al estrés hídrico al que fue sometido los plántulas, pero se espera un impacto positivo en campo.

Palabras clave: pañal desechable; calidad de planta; polímero; estrés hídrico; vivero.

ABSTRACT

The project aims to evaluate the effect of Sodium polyacrylate (PANA) in the preconditioning of *Pinus radiata* D. Don in the nursery. The polymer (PANA and cellulose) was mixed with the substrate at the time of transplanting 90 *P. radiata* seedlings in 3000 ml bags, but 90 transplanted plants without the presence of the polymer (control), the morphological quality of the seedlings was evaluated and quality indices, through a single-sector design. The results show that all the variables evaluated presented significant differences ($p \leq 0.05$), except for height. Finally, the control presented a greater morphological development compared to the treatment that contains the polymer in the substrate, due to the moisture deficit to which the treatment with the presence of the polymer was subjected. The preconditioning phase did not affect the morphological development of *P. radiata* in the nursery due to the water stress to which the seedlings were subjected, but a positive impact is expected in the field.

Keywords: disposable diaper; plant quality; polymer; water stress; nursery.

1. Introducción

El precondicionamiento es una fase de los plántulas, previo a su salida del vivero. Es una etapa crítica en la producción forestal, cuyo propósito es aclimatar o preparar a los plántulas a tener mecanismos fisiológicos y morfológicos

que puedan resistir a las condiciones adversas presentes en los sitios de plantación (Jacobs & Landis, 2009; Bernaola-Paucar et al., 2015). El precondicionamiento, se puede lograr mediante un manejo adecuado del estrés hídrico, fertilización. A fin de garantizar un alto porcentaje de supervivencia y desarrollo óptimo de un

plantón en campo (Prieto et al., 2012; Bernaola-Paucar et al., 2015).

El poliacrilato de sodio es un polímero que está presente en pañales de bebe, cuya función específica es absorber la orina (Fernández, 2016). Para proteger las raíces de los plantones en vivero se han usado polímeros sintéticos, cuya principal característica es su alta capacidad de retención de agua (Palacios et al., 2016), lo que disminuye la frecuencia de irrigación y las pérdidas de productos químicos por lixiviación y lavado (Sosa et al., 2019). Los cristales de Hidrogel son capaces de absorber 200 veces su peso en agua y la proporciona paulatinamente a las raíces de todo tipo de plantas, el producto mejora las características del suelo, como son la retención y disponibilidad del agua, la aireación y la descompactación (AGRICULTURERS, 2016). Su aplicación en la agricultura, invernaderos y viveros, el sector forestal y la arquitectura paisajista puede reducir el uso de agua hasta en más del 50%, agregando los cristales al sustrato incrementa el crecimiento de la especie y la sobrevivencia de las plantas en campo (Palacios et al., 2016; AGRICULTURERS, 2016).

Considerando que, la adecuada humedad del suelo es esencial para el crecimiento de los árboles en campo, siendo las propiedades físicas del suelo que influyen en la humedad del suelo (Pérez, 2001). Los suelos con densidades mayores a $1,2 \text{ g.cm}^{-3}$ para un suelo arcilloso y $1,4 \text{ g.cm}^{-3}$ para un suelo arenoso, el factor más importante para el éxito de los cultivos es el aporte hídrico, considerando que en el crecimiento radical el agua proporciona la fuerza que permite expandir las células y producir la elongación (Schlatter et al., 2003; Alvarado et al., 2015).

En el vivero de la estación EEA "Santa Ana" se propuso usar el Poliacrilato de Sodio en la fase de preacondicionamiento del *Pinus radiata* en vivero, considerando que el polímero mencionado puede ser usados como acondicionadores de sustrato (hidrogel), principalmente por aumentar la capacidad de almacenar agua en el sustrato (Brito et al., 2013; Magalhães et al., 2013; Palacios et al., 2016; Ortega-Torres et al., 2020). Por ello, surge la necesidad de evaluar el efecto del poliacrilato de Sodio (PANa) de pañales desechables en su preacondicionamiento del *Pinus radiata* en vivero.

2. Material y métodos

Área de estudio

El presente experimento se realizó en el "Vivero Forestal de la EEA "Santa Ana", ubicado en el

anexo de Hualahoyo-Saños Grande, Tambo, Junín, Perú; a 3295 msnm de altitud, clima sub-húmedo templado, con humedad relativa promedio anual de 67,06mm, con temperaturas promedio anual de $4,09 - 20,24 \text{ }^\circ\text{C}$ y una precipitación anual de 818.40 mm (SENAMHI & INIA, 2019).

Materiales y equipos

Los plantones de *Pinus radiata* fueron producidos en bolsas de 9" x 5" y cultivados siguiendo los protocolos del vivero durante 9 meses (octubre del 2019 a junio del 2020), en la Tabla 1 se presenta la caracterización morfológica de las plantas antes de trasplantarlos. Finalmente, 90 plantones fueron trasplantados a bolsas de polietileno de 11,5 x 5,25 (3000 ml), con sustrato de una mezcla del 67% de tierra negra y 33% de arena (testigo). Mientras 90 plantones fueron trasplantados utilizando el sustrato mencionado, pero se le agrego aproximadamente 5,12 g de celulosa y poliacrilato de sodio (tratamiento con polímero). Además, se realizó la caracterización química del sustrato utilizado en el laboratorio de suelos de la E.E.A. Santa Ana (presentando un pH de 7, materia orgánica de 6,06%, nitrógeno de 0,30%, fósforo de 29,90 ppm y potasio de 305ppm).

Tabla 1

Evaluación inicial del *Pinus radiata* en vivero a nueve meses de edad

Característica	Valor
Altura (cm)	55,00 ± 06,50
Diámetro (mm)	07,00 ± 0,80
Volumen foliar (cm ³)	58,00 ± 13,80
Peso foliar seco (g)	13,00 ± 03,10
Volumen radicular (cm ³)	14,00 ± 05,40
Peso radicular seco (g)	04,00 ± 01,70

Para obtener los 5,12 g de poliacrilato de sodio, los pañales desechables fueron cortados con una tijera en cuatro partes y solo la parte del relleno (celulosa y poliacrilato de sodio) se colocaron en las plántulas trasplantadas como parte del sustrato, con el fin de usarlo como retenedor de humedad durante el trasplante a bolsas más grandes. Los pañales pesan aproximadamente 47,5 g, está compuesto por 30% de celulosa, 35% de polímero, 10% de polipropileno, 13% de polietileno y 7% otros (Aumônier & Collins, 2005; Edana, 2001).

Finalmente, culminado el trasplante todas las plántulas de ambos tratamientos (testigo y polímero), fueron regados con 750 ml de agua por cada planta y durante la evaluación el tratamiento con polímero se regó una vez (al mes), mientras el testigo se regó dos veces (cada 15 días).

Metodología

Utilizando un diseño experimental completamente al azar, al mes se evaluaron 10 plántulas por cada tratamiento (testigo y el tratamiento con polímero), la calidad de planta considerando los siguientes parámetros.

La altura se midió con una regla graduada, desde el cuello de la raíz hasta la yema de la planta (cm). Diámetro del cuello de la raíz, se obtendrá con un vernier digital con precisión (mm); El volumen de biomasa por desplazamiento de agua en cm³ (Harrington et al., 1994). El peso de biomasa en húmedo, por separación de la parte foliar y radical con una tijera de podar y el peso se determinó con una balanza analítica (g). El peso de biomasa seca se obtuvo secando en una estufa de secado, durante 72 horas a 70 °C (g). Con los datos obtenidos se calculó el índice de Dickson (IQ) e índice de lignificación (Dickson et al., 1960; Bernaola-Paucar et al. 2015)

Análisis estadístico

Los datos se organizaron en el Programa Excel de Microsoft office 2007 y se les aplicó una prueba de normalidad (Estadístico W de Shapiro-Wilk). Posteriormente los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) siguiendo el modelo unifactorial en el software R, versión 3.6.3. (P-valor $\leq 0,05$).

3. Resultados y discusión

En la [Tabla 2](#) se muestra que las variables evaluadas presentaron efecto significativo ($p \leq 0,05$), además se presenta un mayor desarrollo morfológico en las plántulas sin presencia del polímero (testigo), con excepción de la altura y el volumen radical. Esto puede deberse al estrés hídrico al que ha estado sometido las plántulas con presencia del polímero, considerando que se regó después de 30 días, en comparación con el testigo (cada 15 días), tal como manifiesta [Palacios et al., 2016](#), en algunos estudios presentaron que el hidrogel no aporta ningún beneficio en el crecimiento o incremento de la biomasa, debido al estrés hídrico. Por ello, se puede manifestar que el estrés hídrico provoca la disminución en el tamaño de las hojas, raíces y afecta negativamente el crecimiento en general de las plantas. La información aportada por este tipo de estudios muestra el daño que el estrés hídrico provoca en las hojas jóvenes y en desarrollo es mucho más apreciable que en aquellas hojas maduras y completamente

desarrolladas. [Gehring & Lewis \(1980\)](#) reportaron que plantas de *Tagetespatula* L. y *Zinnia elegans* Jacq. incrementaron la resistencia al marchitamiento al encontrarse el polímero en el sustrato. El hidrogel incrementaba satisfactoriamente la capacidad de retención de agua del suelo y por tanto disminuía la necesidad del riego en plantas e incrementa la biomasa de las plantas ([García, 2017](#); [Ortega-Torres et al., 2020](#)).

El sustrato presenta un sustrato pH neutro, al respecto se puede manifestar que en el polímero ayuda a mitigar el estrés salino del sustrato, tal como lo señala [Shi et al. \(2010\)](#); aunque este comportamiento ha sido poco estudiado, tal como lo manifiesta [Palacios et al. \(2016\)](#). Además, en un ensayo bajo condiciones de invernadero en *Pinus halepensis* de seis meses de edad, se aplicó hidrogel al sustrato (0,4% de hidrogel), incrementando el tiempo de riego hasta 33 días, un incremento en altura de hasta 9 cm y un incremento en biomasa radicular de hasta 2,75 g más con respecto al control ([Hüttermann et al., 1999](#)), similar a lo que se reportó en la presente investigación.

Tabla 2

Promedios y p-valor del análisis de varianza de las variables evaluados en vivero

Variables	Testigo	Polímero	p-valor
Altura (cm)	50,35 ± 9,55a	44,15 ± 5,53a	0,09
Diámetro (mm)	07,10 ± 0,57a	05,82 ± 0,57b	0,00*
Volumen aéreo (cm ³)	39,20 ± 9,92a	26,10 ± 6,43b	0,01*
Peso seco aéreo (g)	31,23 ± 9,07a	20,37 ± 5,41b	0,00*
Volumen radical (cm ³)	11,20 ± 3,42a	08,60 ± 2,01a	0,05*
Peso seco radical (g)	07,13 ± 1,84a	05,24 ± 1,67b	0,03*

(*) Significancia con un nivel de confianza del 95.0%, LSD (Promedio ± SD).

En la [Figura 1](#) se observa que las plántulas que fueron trasplantadas sin presencia del polímero (testigo), presentaron el mayor índice de Dickson (1,26) en comparación al tratamiento con presencia de polímero (0,92), pero considerando dicho índice es superior a 0,5 ([Dickson et al., 1960](#)) y considerando que dichos plantones alcanzaron un diámetro promedio de 5,82, pueden lograr una supervivencia en campo superior al 80%. Al respecto [Mexal & Landis \(1990\)](#) señalan que los diámetros entre 5 y 6 mm logran tasas de supervivencia superiores al 80%, dado a que dicho índice combina la biomasa total de la planta,

los resultados obtenidos describen la relación directa con el crecimiento morfológico por efecto del estrés hídrico (Escobar-Alonso & Rodríguez, 2019). Mientras el mayor índice de lignificación (0,11) se obtuvo en las plantas que fueron

trasplantados con presencia del polímero (polímero), lo cual es lógico, puesto a ser expuestas al estrés hídrico las plantas tiende a producir mayor contenido de lignina.

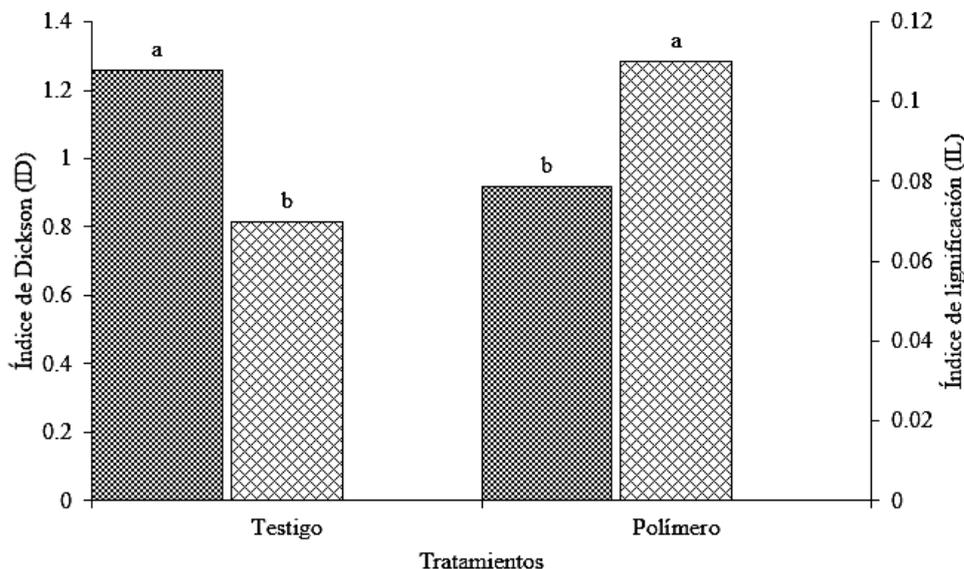


Figura 1. Índices de calidad del *Pinus radiata* en vivero, LSD (Promedio \pm SD), p -valor \leq 0,05.

4. Conclusiones

Con base a los resultados de las variables evaluadas, se presentó un mayor desarrollo morfológico en las plántulas que no contenían el polímero en el sustrato en comparación al tratamiento si contenían el polímero en su sustrato, presentándose este comportamiento debió al estrés hídrico o déficit de humedad al que fue sometido el tratamiento con presencia del polímero, sin embargo, presenta un diámetro e índice adecuado. Por lo que es recomendable continuar con la investigación en campo para conocer el porcentaje de supervivencia en campo.

Agradecimientos

A la Estación Experimental Agraria Santa Ana y al Programa Nacional de Investigación Forestal por el apoyo en la presente investigación. Al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura-IICA y al programa Jóvenes Investigadores.

Referencias bibliográficas

AGRICULTURERS (2016). ¿Es la lluvia solida una solución para la sequía en la agricultura? Disponible en: <https://agriculturers.com/la-lluvia-solida-una-solucion-la-sequia-la-agricultura/>.

Alvarado, S., Rendón, C. & Ramírez, A. (2015). Hidrogel: Potenciador reservorio del agua y sus usos en la agricultura. En: XXVI Congreso de Investigación CUAM – ACMor. Área de Ciencias Ambientales, Oaxaca. p. 1-3.

Aumônier, S., & Collins, M. (2005). Life cycle assessment of disposable and reusable nappies in the UK. Agencia del Medio Ambiente del Reino Unido, 209 p.

Bernaola-Paucar, R., Pimienta, E., Gutiérrez, P., Ordaz, V., Alejo, G., & Salcedo, E. (2015). Volumen del contenedor en calidad y supervivencia de *Pinus hartwegii* Lindl en sistema doble-trasplante. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 6(28): 174-187.

Brito, C., Rodríguez, F., Fernández, M., Da Silva, L., Ricardo, N., Feitosa, J., & Muniz, E. (2013). Síntese e caracterização de hidrogéis compósitos a partir de copolímeros acrilamida-acrilato e caulim: efeito da constituição de diferentes caulins do nordeste brasileiro. *Química Nova*, 36(1): 40-45.

Dickson, A., Leaf, A., & Hosner, J. (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forest Chronicle*, 36, 10-13.

Escobar-Alonso, A., & Rodríguez, D. (2019). Estado del arte en la investigación sobre calidad de planta del género *Pinus* en México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* Vol. 10 (55).

Fernández, O. (2016). Pañales desechables, ¿cuáles son los mejores? Blog CONASI. Recuperado de: https://www.conasi.eu/blog/consejos-de-salud/panales-desechables-ecologicos/#%C2%BFCual_es_la_composicion_de_un_panal.

García, J. (2017). Supervivencia y Crecimiento en una Plantación de *Pinus greggii* Engelm. Establecida con Retenedores de Humedad en Saltillo, Coahuila, México. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de agronomía, Departamento forestal, Saltillo, Coahuila, México. 49 p.

Gehring, J., & Lewis, A. (1980). Effect of hydrogel on wilting and moisture stress of bedding plants. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 105, 511-513.

Harrington, J., Mexal, J., & Fisher, J. (1994). Volume displacement provides a quick and accurate way to quantify new root production. *Tree Planters Notes*, 3, 121-124.

Hüttermann, A., Zommerodi, M., & Reise, K. (1999). Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of *Pinus halepensis* seedlings subjected to drought. *Soil Tillage Res.* 50, 295-304.

- Jacobs, D., & Landis, T. (2009). Hardening. In: Nursery Manual for Native Plants: A Guide for Tribal Nurseries Volume 1: Nursery Management. R. K. Dumroese, T. Luna and T. D. Landis (eds.). Agric. Handbook 730. USDA, Forest Service. Washington, D.C. pp: 217-227.
- Magalhães, A., Almeida, M., Bezerra, M., & Feitosa, J. (2013). Superabsorbent Hydrogel Composite with Minerals Aimed at Water Sustainability. *J. Braz. Chem. Soc.*, 24(2): 304-313.
- Mexal, J., & Landis, T. (1990). Target seedling concepts: height and diameter. In: Rose, R., S. J. Campbell and T. D. Landis (eds.). Target seedling symposium: Proceedings of the combined meeting of the Western forest nursery associations. USDA Forest Service. Roseburg, OR, USA. GTR: RM-200. pp. 17-34.
- Ortega-Torres, A., Flores Tejeida, L., Guevara-González, R., Rico-García, E., & Soto-Zarazúa, G. (2020). Hidrogel acrilato de potasio como sustrato en cultivo de pepino y jitomate. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*, 11(6), 1447-1455.
- Palacios, A., Rodríguez, R., Prieto, F., Meza, J., Razo, R., & Hernández, M. (2016). Hidrogel como mitigador de estrés hídrico: una revisión. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 3(5), 80-90.
- Pérez, H. (2001). Evaluación de productividad de *Pinus radiata* (D. Don) asociado a zanjas de infiltración. Llongocura, VII Región del Maule. Tesis Ing. Forestal. Talca. Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Forestales, 72 p.
- Prieto, J.; Almaraz, R.; Corral, J., & Díaz, A. 2012. Efecto del estrés hídrico en *Pinus cooperi* Blanco durante su precondicionamiento en vivero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 3(42), 19-28.
- SENAMHI, INIA. 2019. Reporte diario de los datos meteorológicos de la EEA "Santa Ana" – Hualahoy – Saños grande. Ubicado en la latitud 12°0'15" y la longitud de 75°13'15". Tambo, Junín, Perú.
- Schlatter, J., Grez, R., & Gerding, V. (2003). Manual para el reconocimiento de suelos. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 114 p.
- Shi, Y., Li, J., Shao, J., Deng, S., Wang, R., Li, N., Sun, J., Zhang, H., Zhu, H., Zhang, Y., Zheng, X., Zhou, D., Hüttermann, A., & Chen, S. (2010). Effects of Stockosorb and Luquasorb polymers on salt and drought tolerance of *Populus popularis*. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*, 124(2), 268-273.
- Sosa, G., Hermosillo, D., García, J., Alarcón, M., & Jurado, P. (2019). Supervivencia de plantaciones forestales con hidrogel en zonas áridas y Semiáridas. INIFAP, Centro de Investigación Regional Centro Norte, Centro experimental La Campana, Aldama, Chihuahua, México. 32 p.

