

**Cambios de la porosidad total del suelo en relación con los ciclos productivos forestales de  
*Pinus taeda* en Misiones (Argentina)**

Changes in total soil porosity in relation with forest production cycles of *Pinus taeda* in  
Misiones (Argentina)

**Pahr, N. M.<sup>1-2</sup>; Von Wallis, A.<sup>1-2</sup>; Aquino, D. R.<sup>1</sup>; Knebel, O. E.<sup>1</sup>; Ferruchi, M. R.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Estación Experimental Agropecuaria Montecarlo-INTA.

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Forestales-UNaM

**Abstract**

With the purpose of identifying changes in soil properties caused by forest operations in *Pinus taeda* cultivation, the behavior of total porosity of soil was evaluated. The study covered the first, second and third crop cycle. The first cycle had sites of initial, middle and final growth stage. The second has sites from the early and middle stages, and the third cycle has sites from the early stage. As a reference state, a native forest site was surveyed. It was observed that the total porosity is affected by the forestry and harvesting operations of the crop cycles.

**Keywords:** forest plantation, edaphic indicator, soil degradation

**Resumen extendido**

El inventario de bosques cultivados de la provincia de Misiones (Subsecretaría de Desarrollo Forestal, 2016), arrojó para el año 2014 una superficie de 406.000 ha, de las cuales el 82 % corresponden al género *Pinus*, siendo la especie *P. taeda* la más representativa. Los ciclos productivos de las plantaciones de *P. taeda* en Misiones normalmente duran entre 15 y 20 años. Actualmente hay sitios que sostienen un cuarto ciclo forestal. Cada ciclo implica actividades de cortas intermedias o raleos, corta final y de preparación del terreno, principales causas de las modificaciones de las condiciones edáficas (Martíarena *et al.*,

2019; Von Wallis, 2013), que pueden derivar en procesos de compactación, pérdida de nutrientes, disminución del contenido de materia orgánica, e inclusive de erosión hídrica. Con el propósito de identificar cambios en las propiedades de los suelos, ocasionados por las operaciones forestales a través de los diferentes ciclos de cultivo de *P. taeda*, se evaluó el comportamiento de la porosidad total (Pt), atributo del suelo propenso a ser alterado por las acciones externas y de relación directa con los procesos de infiltración y aireación. El estudio abarcó plantaciones de *P. taeda* ubicadas en el Departamento General San Martín, Provincia de Misiones. Silva *et al.* (2008) definen el clima de la zona como húmedo, mesotermal, con una precipitación media anual de 2.000 mm, con nula o poca deficiencia de agua. Conforme al Atlas de Suelos de la República Argentina (Ligier *et al.*,1990), el relieve es de lomas definidas con pendientes suaves y moderadas de hasta 15 %. Los suelos son rojos, arcillosos, ácidos, profundos y bien drenados. Los sitios de estudio (Tabla 1), comprenden un primer (1C), segundo (2C) y tercer ciclo (3C) de cultivo. El 1C abarca sitios con tres etapas de crecimiento, epata inicial (EI), entre 2 y 5 años, etapa media (EM) comprendida entre los 8 y 12 años con al menos un raleo comercial, y etapa final (EF), plantaciones de más de 15 años próximas a la corta final. El 2C abarca sitios de EI y EM, y el 3C solo la EI pero de dos lugares. Se relevó una situación de bosque nativo (BN), considerada como estado de referencia o línea de base. En cada sitio se instalaron tres parcelas de 500 m<sup>2</sup> (10 m x 50 m), excepto en la situación de 1C EI donde se instalaron 6 parcelas, dentro de las cuales se obtuvo, de los espesores de 0-10 cm y 10-30 cm, los registros de densidad aparente (dap) para determinar la Pt. La dap (en gr.cm<sup>-3</sup>) se determinó para 10 muestras de cada espesor de cada parcela con el método del cilindro de volumen conocido, a partir del cociente entre la masa de suelo seco y el volumen del cilindro. La Pt (en %), se determinó utilizando la fórmula  $Pt (\%) = 1 - (dap)/dp * 100$ , donde dp es la densidad de partícula, que asume un valor promedio general de 2,65 gr.cm<sup>-3</sup> (Álvarez *et al.*, 2008).

Tabla 1. Sitios de estudio. Plantaciones de *P. taeda* y situación de bosque nativo.

Tipo de suelo	Situación	Ciclo de cultivo	Etapa	Ubicación		
				Localidad	Latitud	Longitud
Rojo, profundo, bien drenado	Plantación de <i>Pinus taeda</i>	1º ciclo (1C)	Inicial (EI)	El Alcázar	26° 56' 02"	54° 44' 57"
			Media (EM)	Aguas Blancas	26° 52' 30"	54° 42' 41"

		2º ciclo (2C)	Final (EF)	El Alcázar	26° 52' 50"	54° 45' 44"	
			Inicial (EI)	Oro Verde	26° 52' 53"	55° 06' 32"	
		Media (EM)	Puerto Mineral	26° 55' 46"	55° 06' 21"		
		3º ciclo (3C)	Inicial (EI)	Puerto Mineral	26° 55' 43"	55° 05' 54"	
				Puerto Mineral	26° 56' 08"	55° 06' 34"	
		Bosque nativo				El Alcázar	26° 55' 56"

Los valores de dap del espesor de 0-10 cm de las parcelas de BN presentaron valores comprendidos entre 0,90 y 1,00 gr.cm<sup>-3</sup>; en las parcelas de los sitios de 1C de cultivo de *P. taeda* entre 1,00 y 1,20 gr.cm<sup>-3</sup>, y en las de 2C y 3C entre 1,25 y 1,50 gr.cm<sup>-3</sup>. Similar comportamiento se encontró en el espesor de 10-30 cm, presentando la situación de BN registros próximos a 1,10 gr.cm<sup>-3</sup>, las situaciones de 1C de *P. taeda* valores entre 1,14 y 1,23 gr.cm<sup>-3</sup>, mientras que el 2C y el 3C un rango entre 1,36 a 1,44 gr.cm<sup>-3</sup>. Esto muestra la tendencia al incremento de la dap con la repetición del uso del suelo con el cultivo de *P. taeda*, lo que implica la disminución del volumen de los poros de mayor tamaño (macroporos), lo que se traduce en la pérdida de Pt. Según Fisher & Binkley (2000), el incremento de la dap restringe la penetración de las raíces, reduce la aireación y la tasa de infiltración. Pahr & Von Wallis (2018) al evaluar el impacto de las reforestaciones sobre la calidad de los suelos rojos del centro y noroeste de Misiones, encontraron tendencia al aumento de la dap y disminución de la velocidad de infiltración en los espesores de 0-10 cm y 10-30 cm, al contrastar la situación de un tercer ciclo de *Pinus taeda*, respecto a BN.

La Figura 1 muestra los valores promedios de Pt (en %) de los espesores 0-10 cm y 10-30 cm de las diferentes situaciones analizadas. La situación de BN presenta el mayor valor de Pt en ambos espesores, observándose la disminución con los ciclos y etapas del cultivo de *P. taeda*. El p-valor del análisis de la variancia determinó que hay diferencias estadísticas significativas de Pt entre las situaciones. La prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0,05$ ), para ambos espesores, indica, de acuerdo con las letras de la Figura 1, que los sitios

de 2C y 3C no presentan diferencias significativas de Pt, pero sí con respecto a los sitios de 1C de *P. taeda* y BN. Las EI, EM y EF del 1C no se diferenciaron entre sí en ambos espesores de suelo. Tampoco hubo diferencias significativas entre el sitio de BN y el sitio de la EI del 1C para el espesor de 0-10 cm, y entre el sitio de BN y los sitios de las EI y EM del 1C para el espesor de 10-30 cm.

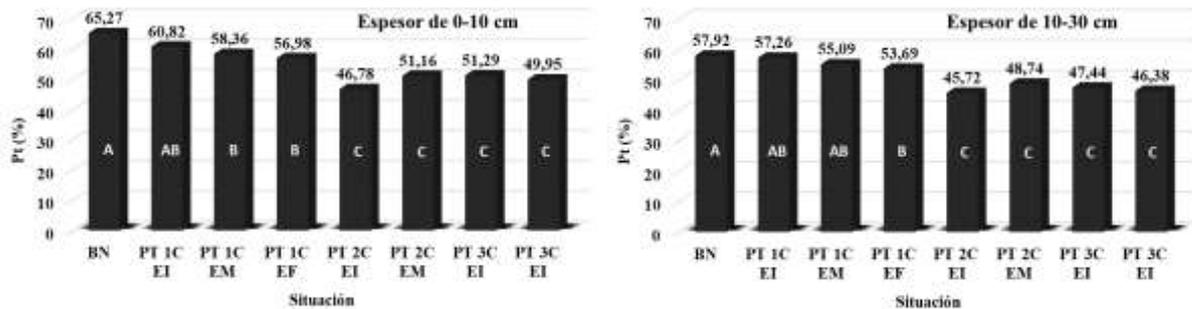


Figura 1. Valores promedios de Pt del suelo de los espesores 0-10 y 10-30 cm en las situaciones analizadas. BN: bosque nativo. PT: *P. taeda*. 1C: primer ciclo. 2C: segundo ciclo. 3C: tercer ciclo. EI: etapa inicial. EM: etapa media. EF: etapa final.

Para calificar los resultados obtenidos en cada situación, se dispone de los valores de referencia propuestos por Bárbaro *et al.* (2017), los cuales consideran malo, sitio con <50%, regular entre 50-60%, bueno entre 60-70%, y muy bueno >70% de Pt. La Figura 2 contiene las líneas de tendencia de comportamiento de los datos de Pt de las parcelas de cada sitio evaluado. Para ambos espesores, 0-10 cm y 10-30 cm, la línea que mejor ajusta la distribución de los datos es la de forma polinómica de segundo grado; con un valor  $R^2 = 0,7643$  para el espesor de 0-10 cm, y de  $R^2 = 0,7913$  para el espesor de 10-30 cm; lo que señala un importante efecto de los ciclos de cultivo de *P. taeda* sobre el comportamiento de esta variable.

Los resultados indican que las tareas de cortas intermedias, corta final y de preparación de terreno, realizadas en cada ciclo de cultivo, generan la alteración de las condiciones físicas del suelo, comprobada en este caso a través del comportamiento de la Pt; atributo con afectación directa sobre la infiltración, el drenaje, el riesgo de escurrimiento superficial y erosión hídrica, y con la capacidad de aireación. Son varios los factores responsables, entre los que se destacan, el uso de maquinaria pesada y el comportamiento plástico de los suelos arcillosos cuando poseen un contenido de humedad elevado, condición favorecida por la presencia de un clima húmedo y de régimen isohigro. Según Von Wallis (2013) existe escaso conocimiento en cuanto al comportamiento de las propiedades físicas de los suelos

subtropicales dedicados a la actividad forestal. Encontró que las variables físicas presentaron importantes diferencias entre el suelo de una plantación de *P. taeda* y la situación de bosque nativo, y que cualquiera fuese el sistema de preparación del terreno, genera la densificación del suelo, aumento de la dap y la pérdida de Pt.

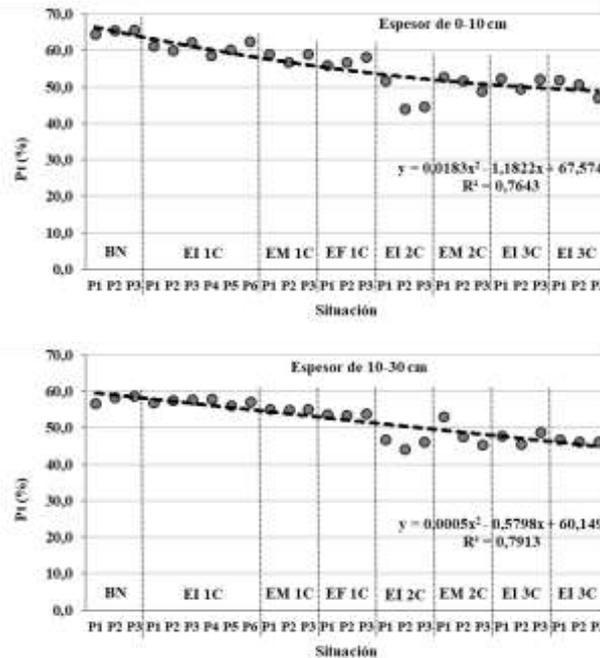


Figura 2. Líneas de tendencia de comportamiento de los valores de Pt de las parcelas de cada situación. BN: bosque nativo. PT: *P. taeda*. 1C: primer ciclo. 2C: segundo ciclo. 3C: tercer ciclo. EI: estado inicial. EM: estado medio. EF: estado final. Px: Parcela x.

El estudio demuestra que los ciclos de uso forestal con *P. taeda*, en sitios de suelos rojos de la provincia de Misiones, producen el deterioro de algunas de sus propiedades, afectando su funcionamiento. El problema de la compactación, de carácter acumulativo y en profundidad, se va agravando con el transcurso de los ciclos de cultivo, lo que trae aparejado la disminución paulatina de la capacidad productiva de los sitios. Se recomienda tomar precauciones y utilizar técnicas de cosecha y cultivo que minimicen la compactación.

## Bibliografía

- Álvarez, C.R & Taboada, M.A. (2008). Fertilidad física de los suelos. Capítulo 6. Indicadores de la fertilidad física. Editores: Miguel A. Taboada y Carina R. Álvarez. Segunda Edición. FCA-UBA. ISBN:978-950-29-1074-1. Pp.155-180.
- Barbaro, S., Taboada, M., Sosa, D., Iwasita, B. & Iglesia, R. (2017). Manual de indicadores de calidad del suelo para las ecorregiones de Argentina. Ed. M. G. Wilson. Cap. II. Ecorregión Mesopotámica. Pp. 213-219.



- Fisher, R.F. & Binkley, D. (2000). Ecology and Management of Forest Soils. Third Edition. J Wiley & Sons. New York. ISBN: 0-471-19426-3. 489p.
- Ligier, H., Matteio, H., Polo, H. & Rosso, J. (1990). Atlas de Suelo de la República Argentina. Tomo II. Provincia de Misiones. SAGyP-INTA. Pp.111-155.
- Martiarena, R.; Von Wallis, A. & Pahr, N. (2019). Posibles efectos sobre la productividad de sitio a causa del acortamiento del período de rotación en plantaciones de Pinus taeda en Misiones, Argentina. Actas 6º Congreso Nacional de Ecología y Biología de suelos. Manejo de suelos. Puerto Iguazú. Misiones. Argentina. Pp.227-229.
- Pahr, N. & Von Wallis, A. (2017). Manual de indicadores de calidad del suelo para las ecorregiones de Argentina. Ed. M. G. Wilson. Cap. II. Ecorregión Mesopotámica. Pp.209-2013. ISBN 978-987-521-826-0.
- Silva, F., Eibl, B. & Bobadilla, E. (2008). Características climáticas de la localidad de Eldorado, Misiones, Argentina. En CD: 13 Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Eldorado. Misiones.
- Subsecretaria de Desarrollo Forestal de la Provincia de Misiones (2016). Actualización del inventario de bosques cultivados de Misiones. Convenio SDEFOR, FAO, FCF. Posadas. 68p.
- Von Wallis, A. (2013). Contenidos de materia orgánica y condición física de un kandiuult de Misiones bajo diferentes sistemas de preparación de terreno forestal y bosque nativo. Tesis de Magister. Universidad de Buenos Aires, Argentina. 68 p.