



Tecnosoles para la remediación y rehabilitación de paisajes afectados por relaves

G.F. Soto-Mundaca¹, A.F. Gallaud-Parquet², C.L. Soto-Mundaca³

¹Depto. de Cs. Ambientales y Recursos Naturales Renovables, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. gerardo.soto@renare.uchile.cl;

²Centro de Información de Recursos Naturales, Chile. agallaud@ciren.cl;

³GeoSolum Ltda., Chile. contacto.geosolum@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La contaminación minera siempre ha sido abordada desde un paradigma clásico de Investigación, Desarrollo e innovación (I+D+i): (a) se investigaba las consecuencias sobre el ecosistema; (b) se buscaba desarrollar el conocimiento respectivo; (c) luego la tecnología que fuese capaz de controlar las externalidades negativas a través de prototipos, (d) y finalmente escalar la solución. Sin embargo, esto no ha dado resultados: a la fecha no existe una solución ofrecida por la ciencia y la tecnología que sea abordable desde el punto de vista económico, y que se haga cargo de un problema, que, en términos de superficie y volumen, es difícil de dimensionar. El planteamiento del problema de la contaminación minera sobre los ecosistemas como un problema de escala y no de contaminación en su inicio, y el hacer uso del paradigma de la economía circular y de la colaboración entre industrias ha dado la primera respuesta al problema: TECNOSOLES elaborados con residuos (pasivos ambientales) que ya son muy abundantes. Los Tecnosoles reúnen los suelos cuyas propiedades se encuentran originadas por un origen técnico, es decir son fabricados, y son una alternativa prometedora para la rehabilitación de paisajes y la remediación de grandes sitios contaminados, especialmente cuando se utilizan en su fabricación materiales de desecho muy abundantes provenientes de otras industrias.

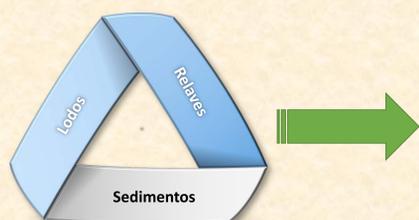
El objetivo de este trabajo fue evaluar las propiedades físico-químicas de Tecnosoles sobre material de relave junto con sobrevivencia de la *Acacia caven* (espino).



Depósito de Relave Minero



Tecnosoles en Ovalle Chile, ENAMI 2020



MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el campus ANTUMAPU de la Universidad de Chile (33°34'04,54"S 70°37'52,49"W; 616 msnm) durante la temporada de verano (2018-2019), en el invernadero del Centro de Semillas y Árboles Forestales (CESAF), de la Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza. Se realizaron mezclas utilizando sedimentos de embalses de riego (S) y lodos domiciliarios estabilizados (L) en distintas proporciones: A=75%S-25%L, B=50%S-50%L y C=25%S-75%L, en macetas de 5900 cm³ (Figura 1). Se realizó la siembra de *Acacia caven* pretratado, al momento de montar las macetas, y una replica del ensayo sin sembrar. (Cuadro 1).

Cuadro 1: Tratamientos del ensayo.

Mezcla	Tratamiento
A=75%S+25%L	Espino
B=50%S+50%L	Espino
C=25%S+75%L	Espino
A=75%S+25%L	Sin espino
B=50%S+50%L	Sin espino
C=25%S+75%L	Sin espino



Figura 1: Macetas del ensayo.

El riego de las plantas se controló con sensores de humedad mediante la realización de un balance hídrico, se realizó la caracterización física del Tecnosol (propiedades de capacidad= textura, densidad aparente (D_b, Mg m⁻³) y propiedades de intensidad= humedad aprovechable (HA, %vol), resistencia a la penetración (RP, MPa) y conductividad hidráulica saturada (K_{sat}, cm d⁻¹) y caracterización química (materia orgánica (MO, %), pH, y conductividad eléctrica (CE dS m⁻¹)). Además, se determinó la germinación y sobrevivencia del espino.

CONCLUSIONES

El uso de sedimentos y lodos domiciliarios (residuos) en la fabricación de Tecnosoles, otorga propiedades para sustentar la germinación de *Acacia caven*, pero la baja retención de agua y conductividad hidráulica en lo Tecnosoles con un alto contenido de lodos domiciliarios limita su uso en zonas de escasas hídrica.

REFERENCIAS

- Sandoval, M., J. Dóner, O. Seguel, J. Cuevas y Rivera, D. 2012. Métodos de análisis físicos de suelos. Chillán, Chile. 80 p.
- Threadgill, E.D. 1982. Residual tillage effects as determined by cone index. *Transactions of the ASAE*, 25(4): 859- 863.
- Seguel, O. and R. Horn. 2006. Structure properties and pore dynamics in aggregate beds due to wetting-drying cycles. *Journal Plant Nutrition Soil Science*, 169: 221.232.

RESULTADOS

Los Tecnosoles son de textura franco-arenosa, presentando un mayor % de arena la mezcla con mayor proporción de sedimento, estando en el límite de franco-arenosa a areno-francosa. Misma tendencia observada en D_b, aumentando su valor en las mezclas con mayor % de arena. Las tres mezclas independiente de la presencia del espino, presentan valores de D_b inferior al reportado para esta clase textura (<1,4 Mg m⁻³).

Cuadro 2. Conductividad hidráulica saturada (K_{sat}, cm d⁻¹) y Resistencia a la penetración (RP, MPa) Humedad aprovechable (HA, %), para A=75%S-25%L, B=50%S-50%L y C=25%S-75%L con y sin la siembra de espino en. Valores promedio (±SE) n=3.

Mezcla	Tratamiento	K _{sat} (cm d ⁻¹)	Promedio	RP (Mpa)	Promedio	HA (%vol)	Promedio
A	Espino	82.4(±21.9) b	47.3 A	1.6(±0,30) a	1.59 A	7.4(±1.99) a	0.056 A
B		43.1(±22.1) ab		1.8(±0,12) a		4.2(±0.94) a	
C		16.3(±6.76) a		1.4(±0,23) a		5.9(±0.84) a	
A	Sin espino	67.9(±6.14) b	50.9 A	1.6(±0,13) a	1.42 A	3.4(±0.82) a	0.043 A
B		55.6(±4.26) ab		1.3(±0,34) a		6.8(±3.47) a	
C		29.1(±3.01) a		1.3(±0,31) a		3.0(±1.23) a	

Letras minúsculas distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre las mezclas; letras mayúsculas indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos según la prueba de Tuckey (p-value < 0,05).

La HA independiente de la proporción de la mezcla y la presencia del espino, reporta valores inferiores a los esperados para una textura franco arenosa (Sandoval et al., 2012). Para ambos tratamientos la K_{sat} aumenta a medida que la proporción de sedimentos es mayor. En relación a la resistencia mecánica se observa una tendencia de aumentar con mayor proporción de partículas minerales.

Cuadro 3. Conductividad eléctrica (CE, dS m⁻¹), materia orgánica (MO, %) y pH, para A=75%S+25%L, B=50%S+50%L y C=25%S+75%L con y sin la siembra de espino en. Valores promedio (±SE) n=3.

Mezcla	Tratamiento	CE(dS m ⁻¹)	Promedio	MO %	Promedio	pH	Promedio
A	Espino	2.67(±0.72) a	3,76 A	1.50(±0,15) a	3.88 A	6.80(±0,03) b	6.03 A
B		4.10(±0.74) a		2.60(±0,12) a		6.00(±0,07) a	
C		4.52(±1.10) a		7.53(±1.01) b		5.30(±0,03) a	
A	Sin espino	3.61(±1.40) a	4.5 A	3.40(±0,29) a	4.87 A	6.00(±0,15) b	5.77 A
B		4.50(±1.77) a		4.61(±0,29) a		5.50(±0,06) a	
C		5.40(±2.08) a		6.60(±2.09) b		5.80(±0,38) ab	

Letras minúsculas distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre las mezclas; letras mayúsculas indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos según la prueba de Tuckey (p-value < 0,05).

Los Tecnosoles evaluados presentan una CE alta, observando una tendencia a disminuir con la presencia de espino. A medida que la proporción de lodos aumenta, con ello considerablemente el contenido de MO (Seguel and Horn, 2006). Los Tecnosoles presentan un pH moderadamente ácido a ácido.

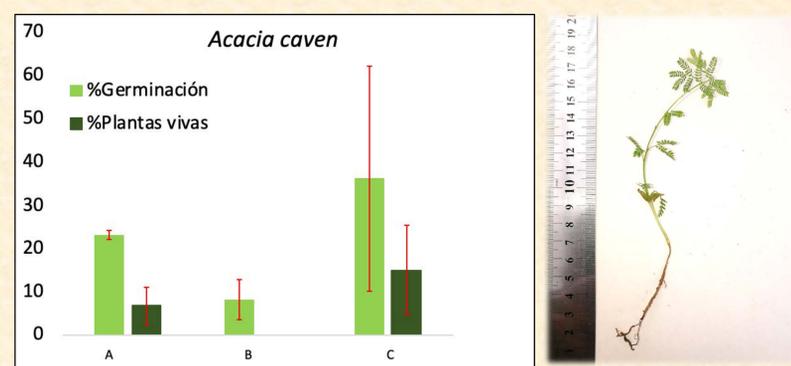


Figura 2. Germinación (%) Plantas vivas (%) para A=75%S+25%L, B=50%S+50%L y C=25%S+75%L. Valores promedio (±DS) n=3.

Los Tecnosoles con una mayor proporción de lodos, presentan una mayor germinación y sobrevivencia del espino. Sin embargo, la germinación no supera el 50%. La sobrevivencia de las plantas es bajo, no existiendo en la mezcla B. Debido por la aparición de un hongo en el ensayo que provoco la muerte de las plantas.

En general, los Tecnosoles presentan una adecuada estabilidad mecánica, no sobrepasando 2 MPa valor crítico para el desarrollo radicular y dar anclaje a estas (Threadgill, 1982). La baja HA en las mezclas se debe principalmente a que la retención de punto de marchitez permanente (PMP) es alta en materiales orgánicos, lo que genera una baja conductividad hidráulica. El pH ácido de los Tecnosoles genera limitaciones moderadas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento del proyecto FIC: "Gestión de pasivos ambientales prioritarios". El apoyo las empresas: ENAMI y Aguas Andinas, y la agrupación de canalistas del embalse recoleta.

