

## CAPITULO 6

### EFFECTOS DEL USO DE LODOS DE PISCICULTURA SOBRE PRADERAS ARTIFICIALES Y CULTIVOS EN AYSÉN

Christian Hepp y Felipe Vidal

Los lodos de piscicultura, al tener elevados contenidos de nitrógeno y fósforo, parcialmente disponible y soluble, tienen también un potencial de uso en praderas de mayor nivel productivo, como también con algunos cultivos intensivos. En Aysén existen zonas con praderas establecidas y cultivos, especialmente de uso forrajero (alfalfa, cereales, brásicas, etc.), donde la respuesta a nitrógeno y/o fósforo es fundamental, a la hora de alcanzar niveles elevados de rendimiento. En este capítulo se resumen algunos resultados obtenidos con aplicaciones experimentales de lodos de piscicultura sobre praderas artificiales y algunos cultivos en la zona.

#### APLICACIÓN DE LODOS SOBRE PRADERAS ARTIFICIALES

En praderas mixtas artificiales (ej. pasto ovillo y trébol blanco x trébol rosado), con aplicaciones de lodo de primavera-verano, ya en marzo (inicio de otoño) se observa un efecto sobre la producción de materia seca.

En términos de nitrógeno y fósforo aplicados, el cuadro 6.1 muestra que el aporte fue de entre 3-48 kg de N disponible/ha y de 8-134 kg de  $P_2O_5$ /ha, según tratamiento. Una pradera de esta zona, para lograr adecuados niveles de producción recibe aplicaciones de fósforo, habitualmente en forma de superfosfatos, que fluctúan entre 40 y 80 kg de  $P_2O_5$ /ha al año y que puede ser potenciada además con 30-50 kg de N/ha en primavera, en general como urea. En este sentido, la aplicación de lodos puede transformarse en un reemplazo parcial o inclusive total de estos fertilizantes comerciales.

El cuadro 6.2 muestra que en el primer año, producto de la aplicación de lodo de inicios de verano, ya en marzo hay un efecto significativo ( $p < 0,05$ ) sobre la producción de materia seca de la pradera. Si bien la tendencia es clara y ascendente, aplicaciones de hasta 100 m<sup>3</sup>/ha no tienen diferencias significativas respecto del testigo, aunque se registra hasta 48% mayor producción en T3 respecto a T0. Los tratamientos T4 a T6 por su parte, se distinguen significativamente ( $p < 0,05$ ) del resto, con mayores producciones que van desde 88% a 130% más que T0. Lo anterior se logra en menos de cuatro meses desde la aplicación del lodo. Las producciones de materia seca del año 1 son menores a los años siguientes por abarcar un período de crecimiento más corto (diciembre a marzo), además de haber existido un verano seco en esa oportunidad. El primer año, la respuesta es prácticamente lineal hasta los 150-200 m<sup>3</sup>/ha, que significan un aporte de entre 17-25 kg/ha de N disponible y entre 48-69 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Tratamiento	Lodo						equivalencia	
	m <sup>3</sup> /ha	% MS	t MS/ha	kg P/ha	kg N/ha	kgP <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	kg SFT*/ha	kg urea/ha
Control	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T1	25,4	7,4	2,1	3,6	3,0	8,3	18,0	6,6
T2	51,2	7,4	4,3	7,2	6,0	16,6	36,1	13,3
T3	101,7	7,4	8,5	14,4	11,9	33,1	71,9	26,4
T4	144,3	7,4	12,4	21,1	17,4	48,3	104,9	38,6
T5	203,5	7,6	17,7	30,2	24,8	69,1	150,1	55,2
T6	383,7	7,6	34,5	58,6	48,3	134,2	291,8	107,3

\*SFT superfosfato triple

CUADRO 6.1. Volúmenes reales aplicados, contenido de materia seca del lodo y sólidos totales aportados según tratamientos experimentales. Nivel de nutrientes equivalentes aportados.

El segundo año, con una evaluación de enero, se aprecia que los tratamientos con aplicación de lodos se diferencian significativamente ( $p < 0,05$ ) del testigo (T0) desde aplicaciones de 50 m<sup>3</sup>/ha (T2), que presentan 37% más producción que T0. Sobre este volumen no hay diferencias significativas, aunque se aprecia hasta 62% más rendimiento al aplicar alrededor de 100 m<sup>3</sup> lodo/ha (T3). Aplicaciones mayores no provocaron en promedio aumentos significativos de producción. En cuanto a los efectos que tuvo la re-aplicación de lodo, se aprecia que hubo efectos significativos ( $p < 0,05$ ). Aquellas parcelas que recibieron lodo el segundo año, produjeron en promedio casi 22% más, respecto a las que no tuvieron aplicación. Al tercer año, en el primer corte de diciembre (donde se ha producido la fracción principal del crecimiento de la temporada) se aprecia aún un efecto residual, sobre todo en las dosis más altas (T6;

$p < 0,05$ ). Este efecto se pierde, en promedio, hacia el final de la temporada. Aquellas parcelas que tuvieron re-aplicación de lodo el segundo año, en la tercera temporada tuvieron más producción solamente en el segundo corte.

Tratamiento	Lodo (m <sup>3</sup> /ha)	kg MS/ha			
		Año 1	Año 2	Año 3	
		17-03-2009	06-ene-10	02-dic-10	15-mar-11
T0	0	2.553 c	7.730 c	5.619 b	2.833 a
T1	25,4	2.713 c	9.089 bc	6.316 ab	2.867 a
T2	51,2	3.219 c	10.626 ab	5.990 ab	2.904 a
T3	101,7	3.781 bc	12.553 a	6.517 ab	2.567 a
T4	144,3	4.794 ab	10.595 ab	7.145 ab	2.860 a
T5	203,5	5.440 a	9.975 ab	7.688 ab	3.154 a
T6	383,7	5.883 a	9.797 ab	8.479 a	3.968 a
	Reaplicación*:				
	NO		9.073 b	7.252 a	2.563 b
	SI		11.031 a	6.392.a	3.481 a
* parcelas subdivididas con repetición de dosis en 2009 Promedios con letras diferentes dentro de columnas presentan diferencias significativas ( $p < 0,05$ )					

CUADRO 6.2 Producción de materia seca promedio de una pradera sometida a diferentes niveles de lodo de piscicultura, con y sin reaplicación (año 2) y sus efectos residuales (año2 y año 3).

En la figura 6.1 se aprecia que la aplicación repetida de lodos el segundo año tiene efectos importantes hasta los 100 m<sup>3</sup>/ha, mientras que la curva de re-aplicación supera en todo momento a aquella de praderas sin re-aplicación (sólo efecto residual del año anterior). Por otra parte, los efectos residuales de uno o dos años tienen respuesta similar, en términos de que se observa aumento sostenido de producción, el que no siempre es estadísticamente significativo ( $p > 0,05$ ).

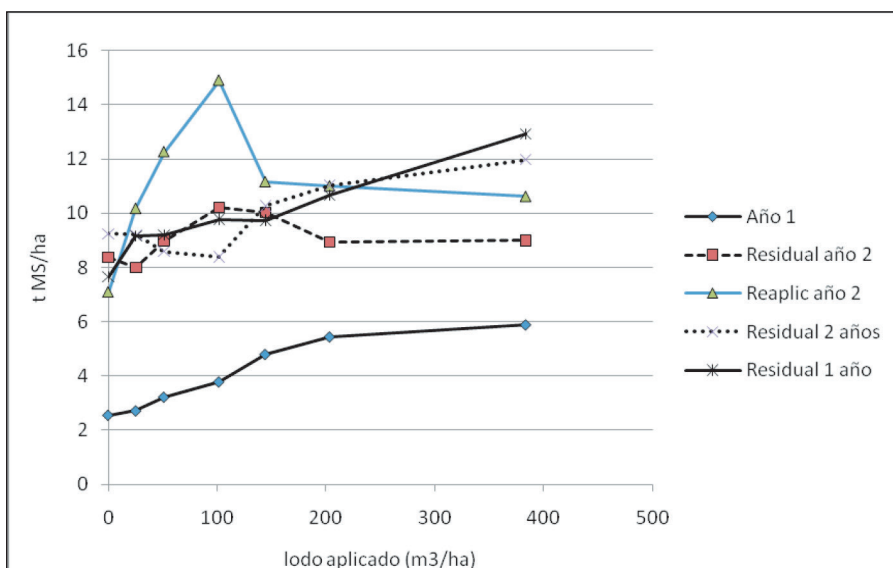


FIGURA 6.1 Respuesta productiva de la pradera en función del nivel de lodo aplicado y efectos residuales observados.

En el cuadro 6.3 se observa que en la medida que se aumenta la dosis de lodo, la concentración de nitrato y amonio aumenta sustancialmente en el suelo, especialmente la de nitrato, que prácticamente se sextuplica entre T0 y T6, mientras que la de amonio aumenta en un 56%. Todo ello al final de la primera temporada de crecimiento. El fósforo total del suelo también aumenta en un 12% en dosis bajas de lodo hasta un 36% en T6, respecto a T0, respectivamente. En cuanto al fósforo disponible (Olsen) se verifican aumentos al subir la dosis de lodo, desde 21 mg/kg en T0 hasta 40 mg/kg en T6 (lodo alto). No se observan variaciones en el contenido de materia orgánica del suelo ni en la capacidad de intercambio catiónico. El valor pH mantiene niveles similares entre los tratamientos.

Nivel	pH	N-nitrato	N-amonio	P-total	P-Olsen	%MO	CIC
		mg/kg		%	mg/kg	%	cmol(+)/kg
Control (T0)	5,73	3,07	83,1	3,15	21,2	18,1	14,33
T2	5,76	4,58	90,8	3,53	26,2	17,3	14,59
T4	5,77	10,57	119,9	3,4	35,8	17,8	14,37
T6	5,66	17,91	130,3	4,29	40	19,5	14,84

CUADRO 6.3 Análisis de suelo al finalizar primera temporada de crecimiento. Valle Simpson.

En una segunda temporada se observa un efecto residual del lodo, con mayor concentración de nitrato, fósforo total y P disponible en el suelo. El fósforo total y disponible aumenta fuertemente al aplicarse en forma repetida el lodo en las parcelas y probablemente puede sustentar el crecimiento vegetal sin aplicaciones de fertilizantes fosfatados adicionales. No hay efectos sobre el contenido de materia orgánica del suelo ni en la CIC medida. En las parcelas con aplicación repetida de lodo pareciera observarse alguna tendencia a disminución del valor de pH del suelo.

En otro sector de la pradera se realizó una aplicación de otoño con 114 m<sup>3</sup>/ha. Ello significó un aporte de alrededor de 20 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha y 8 kg de N disponible/ha. Con esta aplicación de otoño se observó un inicio más temprano del crecimiento de la pradera en la primavera siguiente, lo cual se notaba a simple vista (mayor cantidad de biomasa y color verde intenso) al compararla con la pradera vecina sin aplicación. En el mes de noviembre, la pradera con aplicación de otoño produjo casi 65% más que la testigo, llegando a casi 4.000 kg de MS/ha. Posteriormente, en febrero se aplicó una cantidad adicional de 100 m<sup>3</sup>/ha. En su conjunto, sin aplicación de lodo, la pradera produjo 6.150 kg/ha, con aplicación de verano solamente fue de 6.733 kg/ha (casi 10% diferencia); con aplicación de otoño solamente produjo 8.759 kg/ha (42 % más) y con doble aplicación 9.116 kg/ha (48% más). A pesar de posibles pérdidas de nutrientes por aplicación de otoño, en esta oportunidad se demostró una buena respuesta productiva.

En resumen, la utilización de lodo de piscicultura aplicado en cobertera (figura 6.2) sobre praderas artificiales de la zona Intermedia de Aysén permitió incrementar la producción de materia seca en forma rápida (dentro del mismo año), llegando a más que duplicar en algunos casos. Los niveles de lodo requeridos para obtener respuestas significativas en general fluctuaron entre 100-150 m<sup>3</sup>/ha, con lodos de alrededor de 7% de materia seca.

Se observan efectos residuales, especialmente con dosis más altas. Dosis crecientes de lodo producen aumentos sostenidos en los contenidos de nitrógeno y fósforo del suelo, lo que produce diferencias detectables en una segunda temporada (efecto residual). La reaplicación de lodo en una segunda temporada sobre el mismo suelo aumenta sostenidamente la concentración de fósforo total y disponible, mientras que los niveles de nitrato son significativamente mayores. Es necesario observar posibles efectos sobre el pH del suelo con aplicaciones elevadas de lodo.

Otro aspecto a considerar es la eventual parcialización de la aplicación de dosis de lodo. En los casos analizados, implicó bajar la producción de biomasa de las praderas en una proporción menor, aunque debe evaluarse el efecto residual en una segunda temporada, sobre todo para ver los efectos de aplicaciones tardías sobre el inicio del crecimiento en la primavera siguiente. Hay un efecto importante de la parcialización de las dosis de lodo sobre la composición de la pradera, en el sentido de que aplicaciones graduales afectan menos la población de leguminosas de la pradera mixta, probablemente al no saturar de nitrógeno el suelo.



FIGURA 6.2 Aplicación de lodo de piscicultura en cobertera sobre praderas de Aysén

También se realizaron pruebas para evaluar efectos sobre la germinación de algunas plantas forrajeras. De acuerdo a los resultados obtenidos, en la aplicación de lodo en suelos de la zona intermedia se esperaría una menor germinación, tanto en ballica perenne, como en alfalfa. Sin embargo, las plantas establecidas tienden a compensar la menor población inicial. De esta forma, el desarrollo posterior compensa con creces esta situación y finalmente se expresa en mayor biomasa total presente. En la ballica perenne, el proceso de macollaje compensa la población de plantas y en alfalfa se aprecian plantas con mayor crecimiento y altura, en tratamientos con lodo de piscicultura. Se observan aumentos significativos de nitrógeno total y nitratos en los tejidos de ballica y alfalfa, especialmente a nivel de fracción aérea, lo que sin embargo no ofrece riesgos para la salud animal en los niveles utilizados.

### **APLICACIÓN DE LODO EN TERRENOS DE CULTIVO**

Además del uso de lodos de piscicultura en praderas, es interesante evaluar su potencial uso en suelos de mayor intensidad de uso, con cultivos y praderas especializadas, como la alfalfa.

En terreno se estudiaron franjas con aplicación sucesiva de sobrenadantes de una laguna de sedimentación, los que fueron aplicados mediante aspersión (Figura 6.3), comparando con situaciones sin aplicación.

Por ejemplo, en el caso de alfalfa, la aplicación repetida de sobrenadante significó un 50% de mayor rendimiento (pasar de 5,6 t MS/ha a 8,4 t/ha), observándose el efecto en ambos cortes (febrero y mayo). En brassicas forrajeras (nabo forrajero variedad Green Globe, ruta-

baga variedad Dominion y raps), la respuesta fue positiva y fluctuó entre 54% hasta 120% de mayor rendimiento. En nabo forrajero se aumentó desde 8,1 a 12,5 t MS/ha; en rutabaga de 6,7 a 14,8 t MS/ha; y en raps forrajero varió desde 6,3 a 11,7 t MS/ha, entre aquellas franjas con y sin aplicación de aspersión de sobrenadantes, respectivamente. Estos sobrenadantes procedían de una laguna de estabilización de lodo de piscicultura y correspondían a la fracción líquida.

También se realizaron experimentos controlados, con aplicación de lodos en macetas. Allí se determinó que la aplicación de lodos de piscicultura aumentó significativamente la producción de biomasa en plantas de lechuga, hasta niveles de aplicación equivalentes a 100 m<sup>3</sup>/ha (L100) y que niveles más altos o excesivos producían disminución de la producción. Con los niveles más extremos incluso se vio afectado el desarrollo de la planta, lo que provocó su muerte. Ello ocurrió especialmente con las aplicaciones en cobertera, las que siempre presentaron menos respuesta que aquella con incorporación en el suelo. Se observaron mejores resultados en suelos de las zonas Intermedia y esteparia.



FIGURA 6.3. Riego de sobrenadantes de laguna de sedimentación mediante sistemas de aspersión.

Para plantas de remolacha, se observaron respuestas positivas en producción de biomasa hasta las dosis más altas aplicadas, mientras que también se vio mejor resultado con aplicaciones incorporadas en el suelo. También se verificó mejor respuesta en suelos de la zona intermedia y la de estepa, comparado con el suelo de la zona húmeda. La mayor acidez de este último suelo puede ser una de las causas de la menor respuesta vegetal observada. En una determinación de suelo se observó cierta tendencia a la acidificación con dosis más altas de lodo, lo que requiere ser monitoreado y puede tener relación con los procesos de nitrificación aumentados.

