

Uso potencial de lodos derivados del tratamiento de aguas servidas en la producción de cultivos en Chile

Cristina Marambio C.
Rodrigo Ortega B.
raortega@puc.cl
Departamento de Ciencias Vegetales

El tratamiento de las aguas servidas genera, además del agua purificada, una serie de productos, denominados genéricamente “biosólidos” o “lodos”, constituidos principalmente por los elementos que componen el efluente, los aditivos químicos usados en el proceso y la masa bacteriana que participa en el tratamiento. Con las plantas purificadoras se busca reducir los efectos contaminantes de las aguas residuales, pero se generan importantes cantidades de lodos, situación que crea el problema de qué hacer con ellos. Una de las formas más seguras y rentables de disponer de los lodos, es su utilización como “mejorador” de suelos agrícolas. Esta es una práctica común en países desarrollados, existiendo abundante información extranjera respecto a sus efectos y límites máximos de aplicación. La entrada en funcionamiento de plantas de tratamiento de aguas servidas en el país está generando cantidades crecientes de lodos, los cuales deben ser eliminados adecuadamente para evitar problemas ambientales mayores. En el presente artículo se discute el potencial de uso de los lodos derivados del tratamiento de aguas servidas en la producción de cultivos en Chile.

¿Qué son los lodos?

Los lodos son compuestos orgánicos sólidos, semisólidos o líquidos producidos durante el proceso de tratamiento mecánico, biológico y/o químico de purificación de las aguas ser-

vidas. Siempre que se tomen los resguardos sanitarios y ambientales necesarios en su manejo, los lodos pueden aplicarse directamente sobre suelos agrícolas ya que presentan altos contenidos de materia orgánica y contienen nutrientes, que pueden ser utilizados por las plantas. Su aplicación contribuye a la fertilización de los cultivos y mejora la retención de humedad y la estructura del suelo, con lo cual se transforman en un producto útil, para la recuperación de suelos degradados, así como para sustituir el uso de insumos tradicionales en la agricultura. Su uso debe ser regulado para las condiciones particulares de cada aplicación, dado que estos lodos contienen además otros compuestos que pueden ser indeseables tales como metales pesados, contaminantes orgánicos y organismos patógenos.

¿Por qué los lodos son un problema?

La sociedad genera una gran cantidad de desperdicios, y se necesita decidir qué hacer con el material acumulado. Hasta hace no mucho tiempo, las aguas servidas se enviaban directamente a ríos y mares, esperando que sus efectos contaminantes se diluyeran en el agua, con todos los riesgos ambientales que esta práctica conlleva. A fines de la década de los 90 comenzó en Chile el desafío de tratar las aguas residuales recolectadas por los sistemas de alcantarillado, reduciéndose paulatinamente las cantidades eliminadas en las aguas superficiales. Sin embargo, el tratamiento de aguas servidas genera un producto residual, los lodos, lo que se traduce en un nuevo dilema: ¿qué hacer con

ellos?

El programa de inversiones en obras de tratamiento de las aguas recolectadas por los sistemas de alcantarillado está en pleno desarrollo en el país. Las metas de cobertura de tratamiento en las aguas recolectadas son 71,4 % para el año 2005 y de 97,3 % para el año 2010. Se espera con esto que la cantidad de lodos producidos aumente progresivamente a medida que se incremente el porcentaje de aguas tratadas; por ejemplo, en la Región Metropolitana, la planta purificadora de Aguas Andinas, El Trebal, genera 60 ton lodo/día, con un caudal de 4,4 m³/segundo, descontaminando el 23% del total de las aguas servidas generadas por los habitantes de la Cuenca de Santiago. Para el 2010, cuando funcionen las tres plantas purificadoras de Santiago (El Trebal, La Farfana y Los Nogales), se espera se generen diariamente 400 toneladas de lodo. Dados estos incrementos en la producción de biosólidos, se aprecia la importancia de poder eliminar los lodos de alguna forma que no sea dañina para el ambiente y la salud humana, ya que su creciente producción plantea serios problemas para su almacenamiento y sobre todo, para su eliminación.

Vías de eliminación de los lodos

Actualmente los lodos producidos son, en su mayoría, llevados a monorellenos o incinerados, pero por la descomposición y fermentación y la gran cantidad de cenizas y contaminantes que, respectivamente, generan estas opciones, se busca eliminarlos de una mejor manera. Una de las

Cuadro 1
Costos de distintos métodos de eliminación de biosólidos, expresados en U\$S por tonelada seca

Método	Datos medios US EPA ¹ , 1997	Datos Tennessee, 1996	Datos Georgia, 1995
Aplicación al suelo	65-290	80	126 ²
Relleno sanitario	120-325	-	357
Incineración	150-400	250	214

Fuente: Saez, 2002, Pontificia Universidad Católica de Chile

¹Environmental Protection Agency

²Incluye la compra de terrenos para la aplicación al suelo.

formas más exploradas en países desarrollados es su utilización en suelos agrícolas y forestales, ya sea como fertilizantes o “mejoradores” de suelos degradados, debido a las buenas características físicas y químicas que presentan.

Esta es una área que tiene gran potencial para la investigación en el país ya que existe escasa información a nivel nacional.

Ventajas de la aplicación en suelos agrícolas

La aplicación al suelo aparece como el mejor método de reciclar los lodos, siendo un 80% del material reutilizado, generando mejoras en su productividad y en la recuperación de ecosistemas degradados, debido a que actúa como acondicionador de suelo que además de favorecer la asimilación de nutrientes, aumenta la retención de agua, permite una mejor penetración de raíces y mejora la textura y estructura del suelo, reduciendo la escorrentía. Sin embargo, se deben aplicar de manera controlada, teniendo

en cuenta que se altera la composición física, química y biológica del suelo. Tanto las restricciones ambientales como la aptitud de los suelos frente a la aplicación de lodos, deben considerarse al establecer la localización de la aplicación, y evitar así consecuencias negativas. La aplicación de lodos exige comprobar la ausencia de organismos patógenos, niveles tóxicos de ciertos compuestos y metales pesados, por lo tanto, se debe controlar tanto las cantidades incorporadas como el efecto acumulativo de estas sustancias y elementos en el largo plazo. A pesar de que la mayoría de los elementos son asimilados en producción de biomasa, cuando éstos se encuentran en exceso pueden alcanzar aguas superficiales o subterráneas causando problemas de contaminación.

El menor impacto ambiental y los menores costos de disposición, en comparación con la incineración y los monorellenos son parte de las ventajas de las aplicaciones de lodos en cultivos agrícolas. En el Cuadro 1 se

observan los distintos costos de eliminación de los lodos, según datos norteamericanos. Claramente la aplicación al suelo aparece como la forma más económica de disponer los biosólidos.

Por otra parte, experimentos de campo han demostrado la rentabilidad de usar los lodos como fertilizantes en cultivos extensivos. Así, algunas investigaciones concluyen que al trabajar con trigo invernal, se pueden obtener retornos económicos comparables, al aplicar dos ton de lodo en base seca por hectárea o 45 kg N/ha.

A largo plazo, otro de los objetivos al usar los lodos en suelos agrícolas es el de reciclar los nutrientes y la materia orgánica.

Normas de aplicación en Chile

En Chile se han establecido normas de manejo de los lodos y determinado las calidades mínimas requeridas para una correcta aplicación de los lodos en cultivos agrícolas. Estas normas fueron establecidas de acuerdo a investigación y experiencias obtenidas en países desarrollados (Estados Unidos y países de Europa, principalmente), ya que en ellos los lodos han sido manejados por varios años. La Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) ha establecido el “Reglamento sobre el manejo de lodos no peligrosos”, que en su Título II hace referencia a la aplicación benéfica de los lodos a suelos agrícolas.

El problema de la regulación Chilena, es que al establecer las normas se basa en resultados e investigaciones de otros países, obviando las diferencias de clima y suelo existentes y las distintas costumbres y sistemas de tratamiento que generan una composición química diferente en los lodos. Al respecto, en el Cuadro 2, se muestra la composición química promedio en lodos provenientes del tratamiento de aguas servidas en Santiago y en Littleton y Englewood, en EEUU, respectivamente.

Proyecciones en el uso de lodos

Según la composición de lodos señalada en el Cuadro 2 y la producción diaria de la Cuenca de Santiago estimada anteriormente, se puede concluir que en el área, se están produ-

Cuadro 2

Composición química promedio de lodos tratados en plantas de Santiago y Littleton y Englewood

Parámetro	Santiago ¹	Littleton y Englewood ²
	mg kg ⁻¹	
N-NH ₄	sd ³	14.000
N-NH ₃	850	sd
N-NO ₃ ⁻	154	< 1.000
P	2.433	23.000
K	4.477	4.000
Cu	1.125	787
Zn	1.564	1.280
Ni	33	83
Pb	134	213
Cd	2	10
Mo	35	27
Hg	63	sd
Fe	361	14.000
Cr	30	sd

Fuentes: ¹Planta Cexas, 2002 y ²Barbarick et al., J.Environmental Quality.27:801- 805, 1998

³sin datos

ciendo 22 toneladas de nitrógeno (N), 53 toneladas de fósforo (P) y 98 toneladas de potasio (K), que podrían ser reutilizados en la agricultura, disminuyendo los costos de fertilización y logrando a la vez una solución para la disposición final de los lodos.

El actual reglamento de la CONAMA, establece como tasa máxima de aplicación de lodos en suelos agrícolas y forestales 15 ton/ha año y en suelos degradados un máximo de 30 ton/ha año. Esto significa que se podrían utilizar al año 1.460 ha ó 730 ha si se aplicara todo el lodo producido actualmente en Santiago (21.900 ton/año) sólo en suelos agrícolas y forestales o sólo en suelos degradados, respectivamente.

Los lodos pueden ser aprovechados por una gran variedad de cultivos, siempre y cuando el control sea suficiente para prevenir efectos no deseables sobre la cadena trófica. Las dosis de aplicación en este tipo de usos están generalmente limitadas por la incorporación, anual o acumulada, de metales pesados al suelo. Los metales pesados presentes en los lodos han sido ampliamente estudiados en el mundo como una fuente potencial de contaminación. Algunos autores confirman que estos metales asimilados por las plantas tienden a fijarse en las raíces, lo cual reduce la concentración de los mismos en las partes aéreas de algunos vegetales. Otros señalan que la concentración de Cadmio (Cd) en los tejidos de las plantas es influenciada por la especie y por las propiedades del suelo. Esta es otra de las razones por la que se debe realizar estudios en Chile para determinar el efecto real que tiene la aplicación de lodos en los distintos cultivos sobre la acumulación de metales pesados bajo las características de nuestros suelos.

Como aún no existen estudios acabados en el país, se deben prevenir efectos negativos de contaminación o toxicidad por acumulación de elementos contenidos en los lodos, evitando la aplicación de lodos en cultivos hortícolas o frutales menores, en especial aquellos que estén en contacto directo con el suelo y que se consuman normalmente sin proceso de cocción y con una antelación a la siembra infe-

rior a doce meses. En praderas y cultivos forrajeros, podrá procederse al pastoreo o a la cosecha sólo transcurrido treinta días desde la última aplicación. En suelos de uso forestal, la aplicación de lodos podrá efectuarse sólo si se cuenta con un sistema de control de acceso durante los treinta días posteriores de la aplicación.

Manejo en la aplicación de lodos en suelos agrícolas

La disposición de los lodos en suelos agrícolas representa una estrategia para reciclar los nutrientes en las plantas (no así los monorellenos e incineración que no devuelven los nutrientes a la producción agrícola). Esto genera la necesidad de desarrollar un plan de manejo de los nutrientes, los que limitan la cantidad de lodo a aplicar, en base al pH del suelo y la necesidad de nutrientes para el adecuado crecimiento y producción de cultivos. Las limitaciones a la aplicación de lodos en suelos están determinadas en función de la composición del lodo, las propiedades del suelo y las características medioambientales.

Composición del lodo:

Las dosis se estiman en base a las necesidades de los cultivos, a los límites impuestos por las concentraciones de elementos contaminantes presentes en los lodos y en las características del lodo.

Las cantidades máximas de lodos que podrán aportarse al suelo por hectárea y año serán las que, de acuerdo con el contenido de metales pesados en los suelos y en los lodos a aplicar, se expresan en el reglamento de la CONAMA. En dicho reglamento se encuentran también los valores límites de metales pesados que pueden contener los lodos a aplicar.

Otro factor de tener en cuenta son los períodos de tiempo entre aplicaciones, pues se debe considerar que existe un efecto acumulativo de los metales pesados y otros elementos en el suelo y que su persistencia está ligada a las nuevas condiciones edafológicas existentes tras su aplicación. Por lo tanto, no sólo se deben evaluar los niveles permitidos para un tipo de lodo y suelo, sino que también la evo-

lución de éste a lo largo del tiempo.

Propiedades del suelo:

Son diversas las características del suelo que afectan la respuesta a la aplicación de lodos. Por esto, debe considerarse al momento de seleccionar el área de aplicación características como: textura, estructura, drenaje, permeabilidad, escorrentía, propiedades químicas y fisicoquímicas, contenidos de metales pesados y profundidad efectiva. Las restricciones de aplicación de todas estas características se encuentran detalladas en el reglamento establecido por la CONAMA.

Características del medioambiente:

Las características del medio ambiente afectan de un modo importante la aplicación de lodos. La temperatura y humedad, afectan de manera directa a la formación del suelo y por tanto a la viabilidad y diseño de los sistemas de utilización de lodos, al necesitarse condiciones convenientes de temperatura y humedad en el suelo para el crecimiento y desarrollo de la cubierta vegetal e incluso para la consiguiente degradación de las sustancias orgánicas de los lodos aplicados. La cubierta vegetal es capaz de remover el nitrógeno y otros nutrientes del suelo, evitando pérdidas por lixiviación y reduciendo los riesgos de contaminación de aguas superficiales o subterráneas. Sin embargo, en suelos con capa vegetal, esta aplicación puede producir efectos no deseables para las plantas debido a la posible presencia de elementos fitotóxicos, exceso de nutrientes o posible presencia de microorganismos patógenos. También es importante considerar el relieve, hidrología y erosión.

Experiencias extranjeras

Se han realizado diversos estudios de largo plazo en el extranjero sobre el efecto de los lodos en suelos degradados y su efecto como fertilizante en distintos cultivos. En la Figura 1 se observa claramente el efecto de la aplicación de lodos sobre un suelo degradado. Este tipo de estudios son incipientes en Chile, existiendo algu-



Figura 1. Resultados con distintas dosis de aplicación de lodo sobre suelo degradado en Búfalo Creek (Fuente: Colorado State University, 2000)

nas experiencias de INIA y SAG en conjunto con Aguas Andinas.

Al comparar los efectos del lodo y las aplicaciones de N con fertilizante químico en un cultivo de trigo invernal, se demostró que el N orgánico contenido en los lodos actuaba como una fuente de N de lenta liberación, proporcionando un suministro de N más constante durante el período crítico del llenado de grano en comparación al aporte de N del fertilizante comercial. En la Figura 2 se presenta el efecto de estas dos formas de aplicación sobre el rendimiento de trigo de invierno. Se observa que los rendimientos máximos se obtuvieron con una dosis de 70 kg N/ha cuando se aplicó fertilizante y 90 kg/ha cuando el nitrógeno se aplicó en forma de lodo. En el mismo estudio se observó también, que el incremento en la dosis

de fertilizante nitrogenado afectaba sólo la concentración de P en el grano, mientras que mayores dosis de lodos incrementaban las concentraciones de Ni y N del mismo. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas al comparar la composición promedio de los granos provenientes de las distintas dosis de fertilizante y de las aplicaciones de lodos. Por otra parte, el aumento en la dosis de fertilizante nitrogenado incrementó las concentraciones de Cu y N en la paja, mientras que mayores dosis de lodo provocaron un aumento de las concentraciones de Zn, Cu, Pb y N. Al comparar la fertilización química con N y la aplicación de lodos, estos últimos resultaron, en promedio, en una concentración ligeramente mayor de P y Zn en la paja. Todas las concentraciones de metales en pajas de trigo,

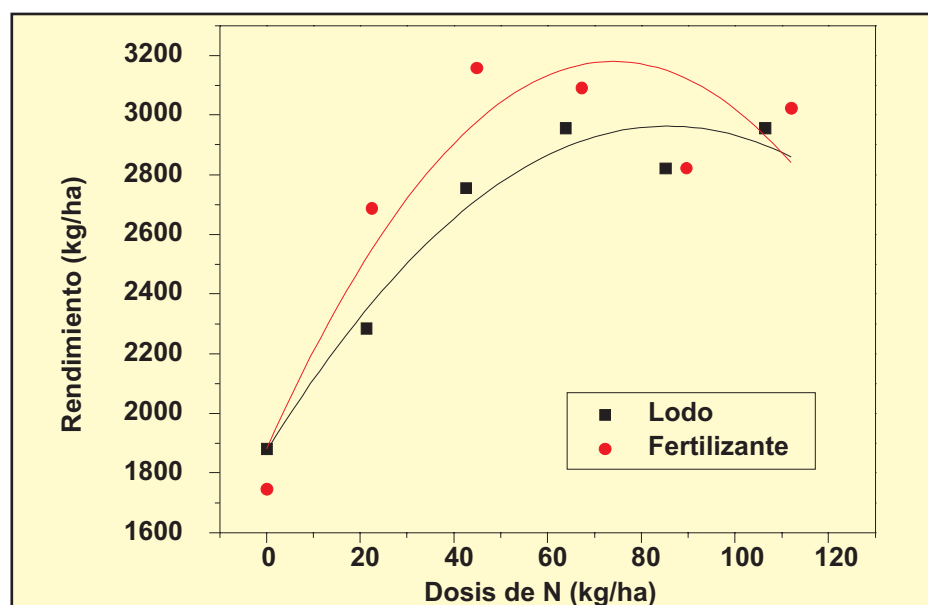


Figura 2. Respuesta a la aplicación de lodos en trigo. EE.UU. (Fuente: Barbarik et al., 2000. Application of Anaerobically Digested Biosolids to Dryland Winter Wheat. Technical Report.)

estuvieron bajo los niveles considerados dañinos para el consumo animal.

Otros estudios realizados en acelga y rábano demostraron que la acumulación de metales pesados en los tejidos vegetales no tendría relación directa con la cantidad de lodo aplicado, sino que también serían afectados por el pH, salinidad, temperatura del suelo y por el largo de la estación de crecimiento donde se encuentren cultivados. En los mismos estudios a largo plazo, se observó que las concentraciones de Cr, Cu, Ni y Pb en los tejidos no variaron con las aplicaciones de lodo, no así los contenidos de Cd y Zn que se mostraron muy dispersos a lo largo de los 9 años que duró el experimento.

Resumen

El tratamiento de las aguas servidas tiene hoy una cobertura aún baja en el país (19% en 1999), sin embargo, se espera que en el año 2010 se logre tratar el 97,3% de las aguas servidas recolectadas. El incremento en la purificación de las aguas trae como consecuencia el aumento en las cantidades de lodo producido, creando la necesidad de manejar adecuadamente este producto y buscar alterar lo menos posible el ambiente.

Por esto, es de gran atractivo la utilización de los lodos en suelos agrícolas como fertilizantes o mejoradores de suelo, ya que al mismo tiempo de eliminar el producto, se reciclan nutrientes y se mejora la capacidad productiva de los suelos, además de ser una opción de bajo costo para restaurar suelos degradados.

La respuesta de los lodos a la aplicación en los suelos agrícolas depende de las propiedades del suelo, condiciones del medioambiente, composición y dosis del lodo, lo que se traduce en una actividad con resultados distintos según las condiciones en que se presente.

Es por esto que aún faltan en Chile, investigaciones que respalden la utilización de los lodos en suelos agrícolas de la manera más eficiente y con el menor impacto ambiental posible, poniendo especial énfasis al seguimiento de la acumulación de metales pesados en el suelo y cultivos. **FAF**