



# Revista AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:  
Investigación, desarrollo y práctica

Volúmen 1, número 4, año 2008 ISSN 0718-378X  
PP

## VALORIZACIÓN DE BIOSÓLIDOS EN SUELOS DEGRADADOS

BIOSOLIDS VALORIZATION IN DEGRADED SOILS

Alexis Araya Castillo

### ABSTRACT

Advances in the sanitation of the watershed have taken place in the Metropolitan Region (MR) since the beginning of operation of large treatment plants. These processes generate a byproduct denominated biosolid; that is a stabilized sludge, it contains nutrients and organic matter and is an important source of essential elements for soils improvement and vegetal species development.

The search of alternatives for biosolid handling and management indicates that agricultural valorization represents one of the most preferred options worldwide. Supported by this fact, this work outlines the use of biosolids in degraded soils in a real operational scale in three agricultural properties in the Melipilla province, Santiago Metropolitan Region.

Biosolids were transported and applied in the spring of 2006, before the start of the production cycle of the selected farms. Biosolids, soil and subsurface water were environmentally monitored until the subsequent harvest and analyses on the yield and operating procedures were carried out.

The results obtained confirmed the feasibility of the use of biosolids in degraded soils. It was noticed a tendency in the rise of parameters in the soils such as organic matter, nitrogen, phosphorus and sulfur with regard to their original conditions. As regard subsurface waters, the amount of nutrients in the soil-water system did not present negative analytical impacts associated with the use of biosolids. For the yield of crops associated with biosolids, there was an increase from 30% to 70% in regard to the regular fertilization based on inorganic fertilizers.

KEY WORDS: Valorization, biosolids, degraded soils.



## II CONGRESO INTERAMERICANO DE RESIDUOS SÓLIDOS

II-Araya-Chile-001

### VALORIZACIÓN DE BIOSÓLIDOS EN SUELOS DEGRADADOS

**Autor: Alexis Araya Castillo**

**Autor: Alexis Araya Castillo.** Ingeniero Agrónomo con Mención en Cultivos, Universidad Iberoamericana, Santiago, Chile. Ingeniero de Proyectos de la Unidad de Gestión de Biosólidos de Aguas Andinas S.A. . Participa en la ejecución, desarrollo y supervisión de diversos proyectos ligados a la gestión integral de los biosólidos producidos en las plantas de tratamiento de aguas servidas.

Dirección: Aguas Andinas, Avda. Presidente Balmaceda #1398, Santiago, Chile. Fono: (02) 496 2942

Fax: (02) 496 2909; [aaraya@aguasandinas.cl](mailto:aaraya@aguasandinas.cl)

#### RESUMEN

En la Región Metropolitana (R.M.), desde la operación de las grandes plantas de tratamiento se ha producido un gran avance en el saneamiento de la cuenca. De este proceso se genera un subproducto denominado biosólido, que corresponde a lodos estabilizados que contienen nutrientes y materia orgánica, constituyéndose en fuente importante de elementos esenciales para el mejoramiento del suelo y el desarrollo de especies vegetales.

Dentro de la búsqueda de alternativas de manejo y gestión de biosólidos, la valorización agrícola se constituye como una de las opciones de mayor uso en el mundo. En base a esto, este trabajo se enmarca en el uso de biosólidos en suelos degradados, en una escala operativa real en tres predios agrícolas de la provincia de Melipilla, R.M.

Los biosólidos fueron transportados y aplicados en la primavera de 2006, antes del inicio del ciclo productivo de los predios elegidos. Hasta la posterior cosecha, se realizó un seguimiento ambiental de biosólidos, suelo y agua subsuperficial, además de un análisis de rendimientos y de operativa de trabajo.

Los resultados obtenidos permiten determinar la viabilidad del uso de biosólidos en suelos degradados. En el suelo, se observó una tendencia al aumento de parámetros tales como materia orgánica, nitrógeno, fósforo y azufre respecto a su situación base. En las aguas subsuperficiales, el valor de los nutrientes el sistema suelo-agua no tuvo impactos analíticos negativos asociados al uso de biosólidos. En cuanto a los rendimientos de los cultivos asociados a los biosólidos, estos aumentaron entre un 30 a un 70%, con respecto a la fertilización normal basada en fertilizantes inorgánicos.

**Palabras Claves:** valorización, biosólidos, suelos degradados.

## VALORIZACIÓN DE BIOSÓLIDOS EN SUELOS DEGRADADOS

### INTRODUCCIÓN

En el gran Santiago desde la operación de las grandes plantas de tratamiento de aguas servidas (año 2001 a la fecha) se ha producido un gran avance en materia de saneamiento de la cuenca. Sin embargo, como parte de los procesos se genera un subproducto que requiere de una estrategia de disposición o uso que permita su manejo sin riesgos y en el tiempo. Este subproducto se denomina biosólido, y corresponde a los lodos estabilizados y deshidratados que contienen, entre otros, elementos favorables al medio ambiente tales como nutrientes y materia orgánica.

En el mundo, principalmente Europa y Estados Unidos han encontrado una solución combinada a esta problemática, que incluye distintas alternativas de uso y disposición (valorización agrícola, compostaje, secado térmico, disposición en monorellenos, etc.), no concentrándose en una sola alternativa. En torno a esto, el uso o valorización de los biosólidos, principalmente agrícola, ha sido una gran respuesta. Entre otras propiedades, los biosólidos posee características que permiten su uso como fuente de nutrientes para enriquecer las propiedades del suelo, que luego puede ser laboreado y dispuesto para el cultivo de especies vegetales.

Este trabajo se enmarca en la búsqueda de alternativas de manejo y gestión de biosólidos, una de estas corresponde a la valorización agrícola de los biosólidos en suelos en vías de o derechamente degradados. De acuerdo al decreto con fuerza de ley DFL N° 235, se entiende por suelo degradado a aquel que por la carencia de fósforo, exceso de acidez, niveles de erosión, deterioro de la cubierta vegetal o por presentar otras limitaciones físicas, químicas o estructurales para su ocupación, no pueden ser utilizados eficientemente de modo sustentable en la producción agropecuaria.

### OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es valorizar agrícolamente y a escala real, biosólidos en predios agrícolas que presentan signos de degradación en sus suelos. Los suelos beneficiados con biosólidos fueron cultivados normalmente por sus agricultores y en estos se estudió la incidencia ambiental de la aplicación.

Los objetivos específicos apuntan a analizar el comportamiento del biosólido en este tipo de suelos y la logística realizada en dicha labor, complementando de esta manera experiencias previas realizadas en Chile, y ampliando el conocimiento al respecto con el fin de asegurar la sustentabilidad en el tiempo y a escala real de esta alternativa de disposición.

## METODOLOGÍA EMPLEADA

Se eligieron tres predios en la provincia de Melipilla, R.M., dedicados a la producción de cultivos extensivos que tuvieran signos de degradación, los que fueron comprobados mediante un estudio agrológico hecho a escala 1:1.000 (una observación por hectárea), confirmando su escasa aptitud frutal bajo riego. Las experiencias se realizaron en los sitios individualizados en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Sitios en los que se realizaron experiencias de aplicación de biosólidos en septiembre y octubre de 2006**

Agricultor	Potrero			
	Predio	Nombre potrero	Superficie (has)	Cultivo a sembrar
Eduardo Jiménez	Fundo Lomas Don Sergio	El Bosque	5,9	Pradera de Ballica
		Las Abejas	6,8	Maíz Silo
		Los Carolinos	9,6	Maíz Silo
Enrique Reymond	Hijuela 2 Fundo Las Arañas	Pivote	20,6	Maíz Grano
Luis Seguel	Parcela San Rafael Codigua	Potrero 1	10,0	Maíz Grano

Los suelos fueron analizados, previo a la aplicación de biosólidos, con una muestra compuesta por potrero. Los resultados de los análisis muestran que todos los sitios cumplen con los contenidos máximos de metales establecidos en la normativa en trámite para la utilización de biosólidos. También se analizaron parámetros de fertilidad, materia orgánica y textura de la capa arable de los suelos. En el Cuadro 2 se muestran las características físico-químicas de la capa arable del suelo en los sitios en que se aplicaron biosólidos, en situación de línea base.

**Cuadro 2. Características físico-químicas de la capa arable del suelo en los sitios en que se aplicaron biosólidos, en situación de línea base**

Parámetro	Unidad	Nombre del Potrero					Rango aceptado <sup>1</sup>
		El Bosque y Las Abejas	Los Carolinos	Pivote		Potrero 1	
pH		8,2	8,4	7,0	7,9	8,3	> 5,0
CE	dS/m	5,1	0,95	0,40	0,48	0,56	No regulado
Materia Org.	% M.S.	2,0	4,1	1,4	2,8	2,2	No regulado
N Total	% M.S.	0,113	0,110	0,154	0,162	0,105	No regulado
N Nítrico	mg/Kg M.S.	14	15	5	9	4	No regulado
N Amoniacal	mg/Kg M.S.	4	5	9	15	10	No regulado

<sup>1</sup> Proyecto de normativa de uso de biosólidos en trámite.

N Disponible	mg/Kg M.S.	18	20	14	24	14	
P Total	g/Kg M.S.	1,08	1,04	0,15	0,15	1,32	No regulado
P Disponible	Mg/Kg M.S.	12	6	9	6	24	No regulado
K Total	g/Kg M.S.	15,1	15,4	10,7	10,8	15,2	No regulado
K Disponible	cmol(+)/Kg g	72	126	78	138	125	No regulado
S Disponible	mg/Kg M.S.	251	144	12	0	15	No regulado
Arena	%	62,2	49,9	52,7	23,6	45,6	
Arena y limo	%	16,6	17,6	9,4	12,0	14,7	
Limo	%	13,6	19,6	18,3	26,7	25,0	
Arcilla	%	7,6	12,9	19,6	37,8	14,8	
Grupo Text.		F.Arenoso	Franco	F.Arenoso	F. Arcilloso	Franco	Areno Francosa a Arcillosa
As Total	mg/Kg M.S.	14,3	14,7	2,0	1,9	18,1	<=20
Cd Total	mg/Kg M.S.	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	0,37	<=2
Cu Total	mg/Kg M.S.	48,2	58,1	10,7	19,4	55,8	<= 150
Hg Total	mg/Kg M.S.	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,07	<= 1,5
Ni Total	mg/Kg M.S.	8,74	10,26	< 0,35	11,01	12,30	<= 112
Pb Total	mg/Kg M.S.	12,70	15,70	7,15	7,01	15,60	<= 75
Se total	mg/kg M.S.	< 0, 5	< 0, 5	< 0, 5	< 0, 5	< 0, 5	<= 4
Zn total	mg/kg M.S.	76,7	83,1	20,0	33,2	89,5	<= 175

En general, estos tres predios corresponden a suelos de aptitud frutal D, de clases texturales areno francosas y arcillo limosas, planos (pendientes menores al 5%) y delgados.

Adicionalmente a estos sitios, se eligió un potrero aledaño para utilizarlo como testigo, el que no recibió biosólidos y fue fertilizado en la forma en que tradicionalmente lo hace el agricultor.

La calidad de los biosólidos corresponde a un parámetro de gran importancia. Los biosólidos utilizados en este proyecto fueron generados desde la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS) El Trebal, ubicada en la comuna de Padre Hurtado, R.M. La analítica de los biosólidos utilizados se presenta en el Cuadro 3.

**Cuadro 3. Calidad de los biosólidos utilizados en la experiencia de aplicación**

Parámetro	Unidad	Expresión	Biosólidos utilizados (Valor promedio)	Límite máximo para su valorización <sup>2</sup>
PH			6,5	No Regulado
CE <sup>3</sup>	dS/m		9,1	No Regulado
Materia Orgánica	%		50,5	No Regulado
N Total	g/kg M.S	N	28,5	No Regulado
P Total	g/kg M.S	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	52,4	No Regulado
K Total	g/kg M.S	K <sub>2</sub> O	2,7	No Regulado
Ca Total	g/kg M.S	CaO	66,3	No Regulado
As Total	mg/kg M.S.	As	15,9	< 20
Cd Total	mg/kg M.S.	Cd	2,0	< 8
Cu Total	mg/kg M.S.	Cu	526,7	< 1.000
Hg Total	mg/kg M.S.	Hg	2,2	< 10
Ni Total	mg/kg M.S.	Ni	61,1	< 80
Pb Total	mg/kg M.S.	Pb	59,3	< 300
Se Total	mg/kg M.S.	Se	2,8	< 50
Zn Total	mg/kg M.S.	Zn	1.218,0	< 2.000

<sup>2</sup> Proyecto de normativa de uso de biosólidos en trámite.

<sup>3</sup> En extracto de saturación

Col. Fecales	NMP/g	CF	2,00E+00	< 1,00 E+03 (Clase A) < 2,00 E+06 (Clase B)
Ovas Helmínticas	U/10 g	-	1	No Regulado
Ovas Viables	U/10 g	-	0	< 1 / 4 g (Clase A) Sin restricción para Clase B

Ya determinados los parámetros de línea base y calidad de suelos y biosólidos, se comenzó a estructurar el trabajo de esparcimiento. En primer lugar, se definió la dosis a utilizar, que de acuerdo a lo expresado en la normativa en trámite, se trabajó con la dosis máxima para suelos degradados, que es de 30 toneladas en base seca por hectárea, y en base a la humedad del biosólido en la PTAS, la dosis real es de 42 toneladas por hectárea (75% materia seca). En el Cuadro 4 se muestra su poder como enmienda en los aportes de nitrógeno, fósforo, potasio (NPK) y materia orgánica (MO) de la dosis elegida para su aplicación.

**Cuadro 4. Aportes de nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica, para la dosis utilizada en los ensayos.**

Dosis Biosólidos	Nitrógeno (Kg)	Fósforo (Kg)	Potasio (Kg)	Materia Orgánica (Kg)
<b>1 T Base Seca</b>	28,5	52,4	2,7	505
<b>30 T Base Seca</b>	855	1.572	81	1.515

### Logística asociada al esparcimiento

La operativa empleada permitió realizar las faenas en forma expedita, segura y con un control adecuado de los posibles impactos en las etapas de transporte y esparcimiento de biosólidos.

La operativa contempló las siguientes actividades:

#### *Etapa 1. Carguío en PTAS y transporte de biosólidos a predio*

Los biosólidos fueron transportados en camiones con contenedores abiertos, con descarga hidráulica de gran capacidad (20 a 24 m<sup>3</sup>), cubiertos por medio de una lona adecuada para evitar la dispersión de polvo en el trayecto. El transporte se extendió entre la última semana de septiembre y la primera de octubre de 2006. Durante este periodo, se transportó un total de 2.279 toneladas de biosólidos. Antes de iniciar las faenas, se definió una ruta, con el fin que el tránsito de los camiones fuese por caminos principales.

#### *Etapa 2. Descarga de biosólidos en cada predio.*

Los biosólidos se depositaron en los predios lo más cerca posible de la zona de esparcimiento con el fin de optimizar esta labor referida a los tiempos de viaje y utilizando los caminos prediales existentes.

### ***Etapa 3. Carguío de carro esparcidor y esparcimiento de biosólidos***

Los biosólidos fueron aplicados con un carro esparcidor de biosólidos (marca Jeantil EVR 14/11) y un tractor de 110 HP de potencia, entre fines de septiembre y principios de octubre de 2006. El rendimiento promedio del sistema fue de 200 T/día. El carguío del carro se realizó con retroexcavadoras de capacidad 0,6 a 0,8 m<sup>3</sup>. El tiempo promedio de carguío y de esparcimiento del carro fue de aproximadamente 15 minutos.

Con la logística utilizada, el rendimiento promedio de aplicación de biosólidos fue del orden de 5 hectáreas al día (utilizando dosis de 30 T/ha materia seca). Este rendimiento fue adecuado para el sistema agrícola, dado que las labores de preparación de suelos y siembra tienen un estrecho rango de humedad en que pueden realizarse. Si el esparcimiento de biosólidos fuese más lento, obligaría al agricultor a realizar un riego adicional entre la preparación de suelos y la siembra, pero con el rendimiento obtenido, fue posible acoplarse a las labores normales realizadas en el predio. Posteriormente a estas actividades, el agricultor incorporó el biosólido en el suelo a través de un rastraje.

## **RESULTADOS OBTENIDOS**

De acuerdo a la evaluación ambiental realizada, se han obtenido resultados a nivel de suelos, aguas subsuperficiales, rendimientos de los cultivos asociados a los esparcimientos, y la logística asociada al trabajo, los cuales se presentan a continuación:

***Suelos.*** En general, pese a que no es posible realizar test estadístico, como tendencia se observó que los suelos que recibieron biosólidos aumentaron su contenido de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, ambos total y disponible, y el azufre disponible, respecto a su situación en la línea base, es decir, antes de su esparcimiento. En cuanto a la conductividad eléctrica, se observó un ligero aumento en los suelos en el transcurso del cultivo sin provocar con esto problemas en las especies. Sin embargo, un año después de terminado el ensayo, ya no existía diferencia entre los tratamientos (con y sin aplicación de biosólidos). Este hecho permite suponer que este efecto observado en los potreros con biosólidos es temporal, y no persistente en el tiempo. En cuanto a los elementos trazas metálicos (ETM) sus diferencias no se pueden asociar a una tendencia.

***Agua subsuperficial.*** Se observó que a las dos profundidades evaluadas (30 y 120 cm.), el valor de los nutrientes no presenta variaciones. Los contenidos de nitrógeno no aumentaron en las muestras de 120 cm. durante el desarrollo del cultivo, tanto en suelos con aplicación de biosólidos como en los testigos sin aplicación. Incluso, se pudo observar una leve disminución del nitrógeno a 120 cm. Al igual que en los suelos, se observó un aumento en la conductividad eléctrica durante el desarrollo del cultivo y no así en la post cosecha. Los ETM también presentan poca movilidad y las concentraciones en los suelos testigos como con aplicaciones no difieren y sus diferencias no se podrían asociar a una tendencia.

En resumen, tanto para los suelos como las aguas subsuperficiales, no es posible encontrar parámetros analíticos que indiquen que la aplicación de biosólidos, en las dosis ensayadas, presenta impactos negativos sobre la calidad de los agroecosistemas.

**Rendimientos.** La incorporación de biosólidos, en parte como complemento al plan de fertilización del cultivo, en especial maíz, tanto para silo como para grano, permitió aumentar el rendimiento al mismo tiempo que se disminuyó la fertilización mineral, reemplazando el 50% del nitrógeno y el 100% del fósforo. Los aumentos superaron el 30%, en algunos casos el 70%, con respecto a la fertilización normal (fertilizantes inorgánicos).

**Logística asociada al esparcimiento.** La logística asociada corresponde a la utilizada mundialmente, es decir, transporte en camiones de gran capacidad, carro esparcidor diseñado para esta labor, tractor de gran potencia, etc. Lo visto y lo utilizado confirman que los requerimientos mínimos para realizar una labor exitosa corresponden a lo utilizado en esta experiencia.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Dada las condiciones de calidad de los biosólidos utilizados en la experiencia, y el interés mostrado por los agricultores, es posible considerar al reuso agrícola de los biosólidos como una actividad real y sostenible en el tiempo (aumentos en los rendimientos, disminución en costos de fertilización, entre los más importantes).
- No se encontraron impactos negativos sobre el suelo y el agua de infiltración en sus parámetros químicos.
- El uso de biosólidos en predios agrícolas degradados produjo beneficios al nivel de suelos y planta, logrando una tendencia al incremento de macronutrientes y materia orgánica. Se observó que los suelos que recibieron biosólidos aumentaron su contenido de Materia Orgánica, N y P, ambos total y disponible, y el S disponible, respecto a su situación en línea base. Estos análisis apuntan en la dirección de validar los biosólidos como insumo agrícola, ya que permite mejorar las reservas de nutrientes en los suelos y aumentar el contenido de materia orgánica en los suelos, al tiempo que se disminuye la fertilización mineral de los cultivos.
- La maquinaria utilizada resultó ser la idónea para este tipo de labores, ya que aseguró un trabajo rápido, homogéneo y eficiente en el terreno.
- El mejor manejo que puede tener la generación de biosólidos es una propuesta del tipo integral que incluya no solo un destino de disposición.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agroambiental. 2007. Propuesta de aplicación de biosólidos en suelos agrícolas degradados. Informe Final.
2. Instituto de Investigaciones Agropecuarias 2004. “Valorización de Lodos Provenientes de Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas de Aguas Andinas S.A., Como Fertilizantes”.



3. Servicio Agrícola y Ganadero 2004. “Valorización de Lodos Provenientes de Tratamiento de Aguas Servidas Como Mejorador de Suelos Degradados”.