



Revista AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica

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

GESTIÓN DE BIOSÓLIDOS REALIZADA POR CINCO AÑOS EN EL ÁMBITO DEL REUSO BENÉFICO EN SANTIAGO, CHILE

BIOSOLIDS MANAGEMENT ACCOMPLISH DURING FIVE YEARS
FOR BENEFICIAL REUSE IN SANTIAGO, CHILE.

Paola Arata

ABSTRACT

Over the last five years, "Aguas Andinas" has developed experiments in the metropolitan region related to the beneficial reuse of biosolids (agriculture, forestation, reforestation of environmental assets, green areas and thermal valorization, among other things), with the purpose of minimizing their final disposal in sanitary landfills and/or monofills. These actions require gradual implementation because it is necessary to accomplish phases of testing in laboratory scale and subsequently in the field to gather information about the sustainability of each alternative studied before their implementation in real scale.

Due to the quantity and quality of biosolids to be handled and managed by "Aguas Andinas" (early in next decade, approximately 1,000 tons of humid biosolids will be generated per day with 25% of solid contents), the studies performed in different fields of application and the results obtained determined alternatives to be implemented in a larger scale, such as the agricultural use, and others intended to complement the beneficial reuse, as the application of biosolids in green areas that will provide support for integral management actions.

From the technical experiments and studies can be concluded that there are conditions for the agricultural reuse of biosolids in real scale in the metropolitan region, which is considered the most appropriate alternative in the medium and long term.

II CONGRESO INTERAMERICANO DE RESIDUOS SÓLIDOS

II-Arata-Chile-001

GESTIÓN DE BIOSÓLIDOS REALIZADA POR CINCO AÑOS EN EL ÁMBITO DEL REUSO BENÉFICO EN SANTIAGO, CHILE

Autora: Paola Arata. Ingeniero Civil Industrial de la U. de Chile, Post Titulo en Gestión e Ingeniería orientada a Empresas Sanitarias en la U de Chile. Jefe de la Unidad de Gestión de Biosólidos de Aguas Andinas, en donde ha investigado y desarrollado las diferentes alternativas de Reuso Benéfico y disposición de biosólidos para la Región Metropolitana.

**Aguas Andinas, Avda. Presidente Balmaceda 1398, Santiago, Chile. Fono: (02) 496 2913
Fax: (02) 496 2909; parata@aguasandinas.cl**

RESUMEN

EN LA REGIÓN METROPOLITANA Y POR ESPACIO DE CINCO AÑOS AGUAS ANDINAS HA DESARROLLADO EXPERIENCIAS EN EL ÁMBITO DEL REUSO BENÉFICO DE BIOSÓLIDOS (AGRÍCOLA, FORESTAL, REVEGETALIZACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES, ÁREAS VERDES Y VALORIZACIÓN DE TÉRMICA, ENTRE OTROS), CON EL FIN DE MINIMIZAR SU DISPOSICIÓN FINAL EN RELLENOS SANITARIOS Y/O MONORRELLENOS. ESTA GESTIÓN REQUIERE DE TIEMPO DE IMPLEMENTACIÓN EN EL MARCO DE LA GRADUALIDAD, PUES SE NECESITA REALIZAR ETAPAS DE EXPERIMENTACIÓN A ESCALA DE LABORATORIO Y LUEGO DE CAMPO PARA GENERAR INFORMACIÓN SOBRE LA SOSTENIBILIDAD DE CADA ALTERNATIVA ESTUDIADA, ANTES DE SU IMPLEMENTACIÓN A ESCALA REAL.

EN FUNCIÓN DE LA CANTIDAD Y CALIDAD DE LOS BIOSÓLIDOS A MANEJAR Y GESTIONAR POR AGUAS ANDINAS (A PRINCIPIOS DE LA PRÓXIMA DÉCADA SE GENERARÁN APROXIMADAMENTE 1.000 TON DE BIOSÓLIDOS HÚMEDOS AL DÍA CON UNA SEQUEDAD DEL 25%), LOS ESTUDIOS LLEVADOS A CABO EN DIFERENTES ÁMBITOS Y RESULTADOS OBTENIDOS, SE HAN DETERMINADO ALTERNATIVAS A IMPLEMENTAR A ESCALA MAYOR, TALES COMO EL USO AGRÍCOLA Y OTRAS QUE COMPLEMENTAN EL REUSO BENÉFICO COMO EL USO DE BIOSÓLIDOS EN ÁREAS VERDES Y QUE SERVIRÁN DE APOYO A LA GESTIÓN INTEGRAL.

DE LAS EXPERIENCIAS TÉCNICAS Y ESTUDIOS LLEVADOS A CABO SE CONCLUYE QUE, EXISTEN LAS CONDICIONES PARA REALIZAR EL REUSO AGRÍCOLA DE BIOSÓLIDOS A ESCALA REAL EN LA REGIÓN METROPOLITANA, ALTERNATIVA CONSIDERADA LA MÁS ADECUADA EN EL MEDIANO Y LARGO PLAZO.

Palabras Clave: Biosólidos, Gestión Integral, Reuso Benéfico.

GESTIÓN DE BIOSÓLIDOS REALIZADA POR CINCO AÑOS EN EL ÁMBITO DEL REUSO BENÉFICO EN SANTIAGO, CHILE

• INTRODUCCIÓN

En la Región Metropolitana (Santiago de Chile) se han desarrollado experiencias en el ámbito del reuso benéfico de biosólidos, con el fin de minimizar su disposición final en rellenos sanitarios y/o monorrellenos. Esta gestión requiere de tiempo de implementación (gradualidad), pues se necesita realizar etapas de experimentación a diferentes escalas con el fin de generar información sobre la sostenibilidad de cada alternativa estudiada, antes de su implementación a escala real. En función de la cantidad de biosólidos (son lodos estabilizados y centrifugados provenientes de plantas de tratamiento de aguas servidas que poseen nutrientes y materia orgánica por lo que manejados de manera sostenible constituyen un producto benéfico para el medio ambiente) a manejar y gestionar en la Región Metropolitana (a principios de la próxima década se generarán aproximadamente 1.000 ton de biosólidos húmedos al día con una sequedad del 25%) y estudios llevados a cabo en diferentes ámbitos y resultados obtenidos (agrícola, forestal, revegetalización de pasivos ambientales, áreas verdes, entre otros), se han determinado alternativas a implementar a escala mayor y otras que complementan el Reuso Benéfico (uso sostenible de los biosólidos en actividades tales como agrícola, forestal, revegetalización de pasivos ambientales, áreas verdes y forestación y valorización térmica, entre otros, en donde su utilización es un aporte a estos sistemas, disminuyendo de esta forma la disposición final de éstos en monorrellenos o rellenos sanitarios) y por tanto servirán de apoyo a la gestión integral de biosólidos. De las experiencias realizadas se concluye que existen las condiciones, interés de los agricultores e información necesaria para realizar reuso agrícola de biosólidos a escala normal en la Región Metropolitana.

• OBJETIVOS

Desarrollar e implementar de manera gradual una gestión integral, sostenible y eficiente de los biosólidos en el Reuso Benéfico, con el fin de minimizar su disposición final en

rellenos sanitarios y/o monorrellenos.

- **METODOLOGÍA EMPLEADA**

Al igual que se ha desarrollado el Reuso Benéfico a nivel internacional (experiencia adquirida por más de 20 años en Estados Unidos y la Unión Europea), se requiere generar información sobre el comportamiento de los biosólidos en las diferentes alternativas a evaluar y para las condiciones locales y específicas de la Región Metropolitana (RM). Siguiendo criterios internacionales, los esfuerzos se han orientado al estudio de las siguientes alternativas: Agrícola, Forestal, Revegetalización de Pasivos Ambientales, Áreas Verdes y Valorización Térmica.

- **ACTIVIDADES DESARROLLADAS**

A partir del 2001, Aguas Andinas desarrolló un cronograma de actividades tendiente a generar información sobre el comportamiento de los biosólidos para las condiciones de la RM en los diferentes sistemas a evaluar. Para ello se requirió la ejecución de una serie de etapas, entre las cuales se encuentran, la determinación de la compatibilidad de la calidad de los biosólidos generados con su Reuso Benéfico y desarrollo de experiencias de laboratorio y de campo en diferentes ámbitos.

→ **Calidad de los biosólidos generados.** Éstos presentan propiedades agronómicas de interés en términos de nutrientes y materia orgánica, su concentración de metales es reducida y cumplen en términos microbiológicos con las exigencias que impone la normativa en trámite (Proyecto de Reglamento para el Manejo de Lodos Generados en Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas). Ver Cuadro N°1. Es un producto que no es peligroso, ni tóxico, ni corrosivo y, por consiguiente, resulta justificado fomentar su reuso benéfico responsable lo cual es coincidente con la definición que la Norma EPA 503 (EEUU) ha establecido en este ámbito, en el cual se definen los biosólidos como *“lodos que han sido estabilizados respecto a patógenos y atracción de vectores y pueden ser usados en aplicación benéfica al suelo”*.

Cuadro N°1. Calidad de los biosólidos generados en Aguas Andinas

Parámetro	Unidad	Expresión	Promedio PTAS EL Trebál	Promedio PTAS La Farfana	Promedio PTAS de Localidades	Proyecto de normativa- Chile	Directiva Europea	EEUU
						Suelos silvícolas	278/86	EPA 503
Físico-químicos								
Nitrógeno	% M.S.	NKT	3,2	5,2	4,8	NN	NN	NN
Anhidrido Fosfórico	% M.S.	P ₂ O ₅	5,5	5,6	3,9	NN	NN	NN
Materia Orgánica	%	SV	45	57	55	NN	NN	NN
Metales								
Arsénico	mg/Kg M.S.	As	17	10	7	20	NN	41
Cadmio	mg/Kg M.S.	Cd	2,5	1,4	0,5	8	20-40	39
Cobre	mg/Kg M.S.	Cu	660	500	517	1.000	1.000-1.750	1.500
Mercurio	mg/Kg M.S.	Hg	1,4	2,1	1,2	10	16-25	17
Níquel	mg/Kg M.S.	Ni	78	36	11	80	300-400	420
Plomo	mg/Kg M.S.	Pb	58	58	39	300	750-1.200	300
Selenio	mg/Kg M.S.	Se	2,5	2,6	1,4	50	-	36
Zinc	mg/Kg M.S.	Zn	1.360	1.400	460	2.000	2.500-4.000	2.800

➔ **Experiencias en Reuso Benéfico.** A continuación se presentan los estudios y experiencias realizadas a diferentes escalas, con el fin de generar información técnica relevante que permita posteriormente, el desarrollo sostenible a escala real de estas experiencias. Ver Cuadro N°2.

Cuadro N°2: Cronograma de actividades en el marco del Reuso Benéfico

Periodo	Estudios y experiencias
2001 al 2004	Experiencias de reuso agrícola de biosólidos realizados a escala de laboratorio y de campo.
2005 al 2007	Experiencias en: pasivos ambientales, áreas verdes, valorización térmica, entre otras.
2006 al 2007	Experiencias a escala real de uso agrícola de biosólidos en suelos degradados y secano
2007 al 2009	Experiencias a escala experimental y normal en uso forestal de biosólidos

- RESULTADOS OBTENIDOS.**

A continuación se presenta un resumen de las experiencias realizadas junto con los resultados obtenidos en el periodo 2001 a 2007, encontrando alternativas a implementar a mayor escala y otras que complementan el Reuso Benéfico y por tanto se consideran de apoyo a la gestión integral de biosólidos.

i) Alternativas a implementar a escala mayor en la RM.

→ **Uso agrícola.** Entre los años 2001 y 2004, se llevaron a cabo estudios de campo y de laboratorio junto al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias-La Platina y SAG (Servicio Agrícola y Ganadero), respectivamente, con el objeto de estudiar el uso agrícola de los biosólidos y evaluar su utilización como fertilizante en el caso del INIA-La Platina y como mejorador de suelos degradados en el caso del SAG. Luego de tres años de estudios, se encontraron resultados que validan el uso sostenible de los biosólidos para la RM. Los estudios arrojaron que una buena opción para el uso de biosólidos es sobre la base de una mezcla con fertilizantes tradicionales, logrando buenos resultados en términos de rendimiento y vigor del cultivo. Este manejo lleva a entender el potencial agronómico que poseen los biosólidos, el cual es un aporte de macronutrientes (nitrógeno y fósforo), micronutrientes y materia orgánica para el suelo. Además se evidenció una tendencia al mejoramiento en las propiedades físicas del suelo y no se encontró presencia de metales en estructuras comestibles ni impacto en los suelos en términos bacteriológicos. Las experiencias realizadas a escala agrícola normal (periodo 2006 al 2007), arrojan resultados consistentes con estos estudios.

En el Cuadro N°3, se presenta el valor agronómico de los biosólidos y su compatibilidad con el uso agrícola, sobre 1 tonelada de biosólidos (70% de sólidos y un 30% de agua).

Cuadro N°3. Valor agronómico de los biosólidos referidos a la PTAS El Trebal

Nitrógeno Total	22 kilos
Fósforo (como P ₂ O ₅)	39 kilos
Materia Orgánica	315 kilos

→ **Revegetalización de Pasivos Ambientales.** Se han realizado experiencias en instalaciones tales como rellenos sanitarios en etapa de cierre y tranques mineros fuera de uso, con universidades, empresas y centros de investigación, respectivamente. A la fecha los resultados obtenidos validan el uso de biosólidos en este tipo de sistemas, utilizando dosis entre 200 a 400 ton/ha materia seca, sin embargo su uso es por una única vez.

ii) **Alternativas de apoyo a la gestión integral de biosólidos en la RM.**

→ **Áreas Verdes y Reforestación.** Se han realizado diversas experiencias utilizando biosólidos en sustrato de viveros, concluyendo que la incorporación de biosólidos en reemplazo de tierra de hojas u otro sustrato es una alternativa viable y no debería exceder de un 10% en peso de la mezcla (INIA-La Platina, CONAF (Corporación Nacional Forestal)). Sin embargo se requiere de mayor experimentación y es por ello

que se está realizando en un vivero de la RM, otra experiencia con otra forma de aplicación de biosólidos (en zanjas).

En reforestación se está desarrollando una experiencia en el Cerro Calán incorporando biosólidos al sustrato sobre el cual se plantaron árboles nativos (especie Quillaja saponaria). En esta experiencia se aplicó 4 kilos de biosólidos por planta.

Debe tenerse en consideración que, estas alternativas son viables si el(os) receptor(es) de biosólidos es(son) el(os) responsable(s) del lugar en donde se realiza la aplicación y por tanto existe manejo y control sobre el sistema. Estas alternativas son menos tecnificadas que el uso agrícola.

- ➔ **Valorización térmica.** Se realizaron pruebas concluyendo que en la actualidad, esta alternativa es poco viable en plantas cementeras y de generación de vapor en el tipo de calderas utilizadas en las pruebas. Además, los biosólidos a utilizar, deben poseer un porcentaje de sequedad mayor a un 80%.

A continuación se presenta un cuadro comparativo con las dosis de biosólidos sostenibles a utilizar en las diferentes alternativas estudiadas. (Ver Cuadro N°4).

Cuadro N°4. Dosis sostenibles a utilizar en las diferentes alternativas de Reuso Benéfico evaluadas

Uso agrícola y forestal	Uso en pasivos ambientales	Uso en áreas verdes y reforestación
Cantidad de biosólidos a utilizar, en materia seca		
30 a 50 ton/ha/10 años (1)	200 a 400 ton/ha, por una única vez	Áreas verdes ⁽²⁾ : 15 ton/ha/año a 50 ton/ha/año Forestación: 1 ton/ha, por una única vez

(1) : Uso como fertilizante

(2) : Uso en áreas verdes como sustrato de viveros

El agrícola es la alternativa más atractiva desde el punto de vista de continuidad, volúmenes a utilizar, superficie apta e interés de los agricultores, entre otros. En la RM existen 38.000 hectáreas aptas para reuso agrícola y forestal que cumplen con la normativa en trámite (Proyecto de Reglamento para el Manejo de Lodos Generados en PTAS). El área potencial para uso forestal en la RM es de 2.300 hectáreas versus 35.000 hectáreas para uso agrícola, sin embargo es importante evaluar a escala piloto el comportamiento de los biosólidos en uso forestal, con el fin de generar información y complementar las otras alternativas de reuso. Las hectáreas aptas para uso de biosólidos en pasivos ambientales se estiman en 220 has.

Dados los volúmenes de biosólidos que se generan (600 ton al día en la actualidad, cifra que se incrementará a principios de la próxima década a 1.000 ton al día de biosólidos húmedos con una sequedad del 25%), se prevé que se podrá valorizar en esta alternativa (asumiendo un porcentaje de aceptación de los agricultores de un 20%) y con la producción actual de biosólidos el 40% de los biosólidos generados, cifra que disminuirá a un 25% en la próxima década.

• CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La gestión integral en el marco del reuso benéfico de los biosólidos es una oportunidad, pues permite minimizar la disposición final de biosólidos en monorrellenos y/o rellenos sanitarios. Esta gestión requiere de tiempo de implementación (gradualidad), pues se necesita realizar etapas de experimentación a diferentes escalas antes de su implementación a escala real.
- La alternativa más promisorio para la RM, dada la calidad de los biosólidos generados en la Región Metropolitana, su continuidad, viabilidad utilizando dosis adecuadas, simplicidad en su operación e interés de los potenciales usuarios, es su aplicación en suelos agrícolas a diferencia de los proyectos de revegetalización en pasivos ambientales, en donde su aplicación es por una única vez y con menor diversidad de usuarios. Las otras alternativas que se presentan, áreas verdes, reforestación y valorización térmica, dada la superficie apta y forma de aplicación (son menos tecnificadas que el uso agrícola), tienen por función complementar el reuso benéfico y por tanto servirán de apoyo a la gestión integral de biosólidos en la RM.
- Cada alternativa evaluada como parte de la gestión integral en el ámbito del reuso benéfico (agrícola, revegetalización de pasivos ambientales, áreas verdes y reforestación, valorización térmica, entre otros) no permite la valorización de la totalidad de los biosólidos generados por Aguas Andinas, sin embargo son posibilidades complementarias entre sí que ayudan al uso sostenible de los biosólidos y a la minimización de la disposición final de éstos.

• REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.- **Instituto de Investigaciones Agropecuarias 2004.** “Valorización de Lodos Provenientes de Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas de Aguas Andinas S.A., Como Fertilizantes”.
- 2.- **Servicio Agrícola y Ganadero 2004.** “Valorización de Lodos Provenientes de Tratamiento de Aguas Servidas Como Mejorador de Suelos Degradados”.
- 3.- **dbI+meristema. 2006.** “Potencial Forestal para la disposición de biosólidos de PTAS de Aguas Andinas”.

- 4.- Opciones de uso y disposición de biosólidos en la RM. U de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Ingeniería en RRNN. Alejandro Erazo Lynch. Tesis de Pre Grado.
- 5.- Uso de biosólidos en la formación de suelo del ex relleno sanitario de Lepanto. Facultad de Ciencias Silvoagropecuarias. Escuela de Agronomía. Universidad Mayor. 2006. Matias Lagos Silva. Tesis de Pre Grado.
- 6.- Evaluación de la aplicación de lodos sobre microterrazas en un ex relleno sanitario. Facultad de Ciencias Silvoagropecuarias. Escuela de Agronomía. Universidad Mayor. 2006. Manuel Garrido González. Tesis de Pre Grado. 2006
- 7.- Evaluación Silvoagropecuaria simple de establecimiento de especies nativas bajo el efecto de biosólidos en el Cerro Calán. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Informe N°1 de Diciembre del 2006 e Informe N°2 de Mayo del 2007.
- 8.- Empresa Agroambiental. Informe N°1 sobre “Aplicación de biosólidos en vivero y en tres especies leñosas”. 2007.
- 9.- “Uso de Recursos Filogenéticos Nativos para la Fitoestabilización de Relaves Mineros en la Región de Coquimbo”. Sub proyecto. Ensayo político de fitoestabilización de tranques de relaves abandonados de la División El Soldado. Proyecto INNOVA-Chile CORFO. CIMM e INIA. Mayo del 2007.