

USO DE BIOSÓLIDOS EN LA REHABILITACIÓN DE ÁREA EN EL RELLENO SANITARIO SANTIAGO PONIENTE- CHILE

BIOSOLID USE IN THE REHABILITATION OF SANTIAGO PONIENTE - CHILE LANDFILL AREA

Lucrecia Brutti¹ y Valentina Vallejos²

(1) INTA, Los Reseros y Nicolás Repetto s/n, (1686) Hurlingham, Buenos Aires - Argentina

(2) Universidad Mayor, Facultad de Ciencias Silvoagropecuarias, Camino de La Pirámide 5750, Huechuraba, Santiago - Chile

(e-mail: lucreciabrutti@yahoo.com.ar; vale.vallejos@gmail.com)

Recibido: 28/06/2011 - Evaluado: 16/08/2011 - Aceptado: 15/11/2011

RESUMEN

Se evalúan distintas especies herbáceas como estabilizadoras de taludes sobre una mezcla de suelo con biosólidos en el Relleno Sanitario Santiago Poniente en Santiago, Región Metropolitana (Chile), con el fin de recuperar el suelo. Se determina el comportamiento de cuatro tratamientos, tres corresponden a diferentes mezclas herbáceas más uno que actuó como testigo, la mezcla de suelo utilizada contenía un 15% de biosólido. Se utilizó un diseño estadístico de Cuadrado Latino, con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron: temperatura del suelo del ensayo, producción de materia verde y seca de raíces, nodulación de raíces de leguminosas y cuantificación de malezas. Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA), donde la significancia de las diferencias entre tratamientos fueron determinadas a través de un test de rango múltiple de Duncan ($P < 0,05$). La incorporación de 15% de biosólidos a un suelo pobre produce efectos positivos para el establecimiento del prado.

ABSTRACT

Different herbaceous species are evaluated as stabilizing slopes on a mixture of soil with biosolids in Santiago Poniente landfill in Santiago, Metropolitan Region (Chile), in order to recover the soil. The treatments were three different herbaceous mixtures sowed on a mixture of soil with 15% biosolid plus a check which was 15% of biosolids mixed with the soil. A Latin square statistical design with four replications was used. The variables evaluated were: soil temperature, roots green and dry matter production, root nodulation of legumes and quantification of weeds. The results were submitted to a variance analysis (ANOVA), where the significance of differences between treatments were determined by a multiple range test of Duncan ($P < 0.05$). The addition of biosolids to 15% of poor soil produces positive effects for the establishment of the meadow.

Palabras claves: aguas residuales; plantas de tratamiento; recuperación de suelos; estabilización
Keywords: sewage; treatment plants; soil recovery; stabilization

INTRODUCCIÓN

El tratamiento de las aguas servidas se ha incrementado en el país sustancialmente en los últimos años, posibilitando paulatinamente la descontaminación de las aguas. Sin lugar a dudas este proceso trae grandes beneficios ambientales a Chile, pero también involucra un aumento directo en la producción de biosólidos. Los biosólidos suelen tener un alto contenido de compuestos orgánicos, nitrógeno, fósforo y potasio, más algunos elementos metálicos (Lue-Hing et al., 1992; Castro et al., 2007; Kim y Owens, 2010). Se estima que (de acuerdo a sus características) es posible utilizar parte de la producción de biosólidos como enmienda orgánica para suelos degradados o agrícolas, siendo el nitrógeno el elemento que le confiere su mayor poder fertilizante, teniendo casi un 4% (Arata, 2010; Erazo, 2007).

En los próximos años se espera un importante aumento en la producción de biosólidos. Existen diversas alternativas para la disposición de lodos, desde disponerlos en rellenos sanitarios, utilizarlos para la producción de biogás, o entre las opciones destaca la incorporación al suelo, luego de un proceso de estabilización. En la actualidad el relleno sanitario Santiago Poniente (Chile), el cual es un relleno activo, se encuentra en la etapa de revegetación de una de sus áreas. El proyecto pretende evaluar una adecuada cobertura de vegetación, la cual juega un papel importante en el control de procesos y como elemento de protección y conservación del suelo. Por otro lado es necesario utilizar de manera provechosa los subproductos de los tratamientos de aguas servidas como es el caso del biosólido (Granato et al., 2005; Hoover y Gundlach, 2007; Grace et al., 2003).

Estudios anteriores realizados por Empresa Metropolitana para el Tratamiento de los Residuos en Lepanto, Región Metropolitana (Chile), en conjunto con Aguas Andinas demostraron que mejoran las propiedades del suelo, cuando el biosólido se usó en mezclas con suelo para formar la capa final de suelo del ex relleno sanitario de Lepanto (Arata, 2010; Brutti et al., 2010).

En el presente proyecto se trabajó de manera conjunta con las empresas Proactiva Servicios Urbanos S.A. a cargo del Relleno Sanitario Santiago Poniente, en donde se evaluaron especies herbáceas, como mejor cobertura, y la empresa Aguas Andinas S.A. quien facilitó los biosólidos para su uso en el suelo. El objetivo del presente trabajo fue evaluar distintas especies herbáceas como estabilizadores de taludes sobre una mezcla de suelo con biosólidos, en el Relleno Sanitario Santiago Poniente (Chile).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el Relleno Sanitario Santiago Poniente, el cual se encuentra en funcionamiento, ubicado en la comuna de Maipú, Región Metropolitana, Chile. El estudio se realizó en el talud plataforma 1, el cual tiene una superficie de 3500 m² y una pendiente de 33 %.

El ensayo ocupó una superficie total de 48 m², el cual fue delimitado por malla de alambre para protegerlo del ingreso de animales silvestres, además la malla fue recubierta con cartón forrado con aluminio, con el fin de que los conejos se reflejen y huyan. Se construyeron 16 parcelas de 1,5 m de ancho y 2 m de largo cada una, con caminos de 1 m para facilitar la toma de muestras y el desplazamiento entre ellas. Cada parcela fue delimitada por estacas de madera y pitilla. Se realizaron cuatro tratamientos con cuatro repeticiones cada uno. Los tratamientos corresponden a distintas mezclas de especies herbáceas más un tratamiento testigo el cual sólo posee la mezcla de suelo más biosólido.

El suelo utilizado en el ensayo corresponde a una mezcla de tierra del lugar y biosólido en una concentración de 15 % de biosólido. La dosis de biosólido utilizada se basó en ensayos previos realizados en colaboración con Aguas Andinas (Brutti et al., 2010; Lagos, 2006).

Se aplicó un riego por aspersión. Para lo cual se utilizaron cuatro aspersores (19 mm), facilitados por el relleno sanitario, al igual que una electro bomba de 3.73 Kw. Las especies escogidas para los tratamientos fueron las siguientes:

Ballica Perenne (*Lolium perenne*), Festuca (*Festuca sp.*), Trébol Blanco (*Trifolium repens*): Poa (*Poa pratensis*) Festuca Chewings (*Festuca rubra conmutata*) Festuca Creeping (*Festuca rubra rubra*). En el ensayo se realizaron tres tratamientos con diferentes mezclas de especies herbáceas más un tratamiento testigo, esto es:

- Tratamiento 1 (T1): compuesto sólo por la mezcla del suelo con el biosólido.
- Tratamiento 2 (T2): compuesto por tres especies herbáceas, Poa (*Poa pratensis*) en un 45%, un 10% de Trébol blanco (*Trifolium repens*), y un 45% de Festuca (*Festuca sp.*).
- Tratamiento 3 (T3): constituido por las especies Ballica perenne (*Lolium perenne*) en un 65%, 8% Trébol blanco (*Trifolium repens*) y un 27% de Festuca (*Festuca sp.*).
- Tratamiento 4 (T4): 50% de Festuca Chewings (*Festuca rubra conmutata*) y 50% Creeping bentgrass (*Festuca rubra rubra*).

El suelo de los tratamientos 2, 3 y 4 fue igual al testigo sin siembra. Las parcelas con leguminosas fueron inoculadas con un inoculante específico comercial, en base turba con una cepa recomendada y probada de *Rhizobium trifolii*.

Las dosis de semillas utilizadas por metro cuadrado en los tratamientos son las detalladas a continuación. (Muller, 1984). Poa (*Poa pratensis*), Trébol blanco (*Trifolium repens*), y Festuca (*Festuca sp.*), Ballica perenne (*Lolium perenne*), Trébol blanco (*Trifolium repens*) y Festuca (*Festuca arundinacea*). 0,035 Kg. Festuca Chewings (*Festuca rubra conmutata*) y Creeping bentgrass (*Festuca rubra rubra*) en una dosis de 0,05 Kg. La siembra se realizó el día 29 de Septiembre del 2008.

Se utilizó un diseño de cuadrado latino, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones cada uno, dispuestos al azar. Las medidas de las unidades experimentales son de 2 m de largo por 1,5 m de ancho, contabilizándose un total de 16 unidades experimentales.

Evaluaciones

Temperatura del Suelo: Para la medición de la temperatura edáfica se usó un termómetro digital marca HANNA, modelo HI 9043, con vástago que se enterró a unos -20 cm del suelo de cada unidad experimental, (lecturas en °C). Las medidas fueron realizadas con una frecuencia de 10 días. Calculándose un promedio por tratamiento.

Presencia de malezas: Se realizó un conteo del total de malezas presentes en cada unidad experimental y luego se calculó un promedio por tratamiento. El conteo se realizó previo al segundo corte.

Desarrollo de raíces: Las muestras fueron tomadas al final del ensayo, con un cilindro de volumen conocido, el que era lanzado al azar sobre cada unidad experimental. Se tomaron 3 muestras por cada unidad experimental. Después se procedió a separar la parte aérea de la radicular para ser lavadas y pesadas. Posteriormente fueron secadas en una estufa a 80°C por 48 horas antes de pesarlas.

Nodulación de leguminosas: Para ver la existencia de nodulación y si era efectiva, se estudiaron los tratamientos 2 y 3 que contenían leguminosas. Se sacaron tres muestras de tréboles por cada unidad experimental que los contenía. Las muestras fueron almacenadas en bolsas con cierre hermético y guardadas en un refrigerador hasta su posterior observación y estudio. Se observó la presencia de nódulos en raíz principal, pero sólo en los tratamientos 2 (Poa, Festuca sp y Trébol blanco) y 3 (Ballica, Trébol blanco y Festuca sp) por contener leguminosas. Se observaron y clasificaron los siguientes parámetros: Color de la parte aérea, abundancia y tamaño de los nódulos. Las evaluaciones fueron clasificadas de acuerdo a Vincent (1970).

Índice de velocidad de emergencia (IVE): permite integrar en un solo parámetro, la germinación y el vigor de la semilla, a través de la siguiente fórmula (ec. 1):

$$\text{IVE} = \frac{\sum \text{plántulas emergidas}}{\text{N}^\circ \text{ días}} \quad (1)$$

Para realizar esto se contó el número de plantas emergidas, en tres conteos. De modo de delimitar un área se utilizó un cuadrado de alambre de 10x10 cm.

Análisis estadístico: Los resultados anteriormente descritos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA). La diferencia significativa entre las medias se determinó usando el test de rango múltiple de Duncan ($P < 0,05$) (Little y Hills, 1989).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperatura del Suelo: El análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0,05$), pero sí entre bloques. Los tratamientos 2 (Poa, Festuca sp y Trébol blanco) y 3 (Ballica, Trébol blanco y Festuca sp) fueron los que presentaron una mayor temperatura, esto se puede explicar debido a su mayor volumen de raíces y, por lo tanto, una mayor actividad radicular. Al comparar las temperaturas entre bloques como se puede ver en la Figura 1, el bloque 1 es el que presenta una mayor temperatura y va disminuyendo a medida que bajamos la pendiente.

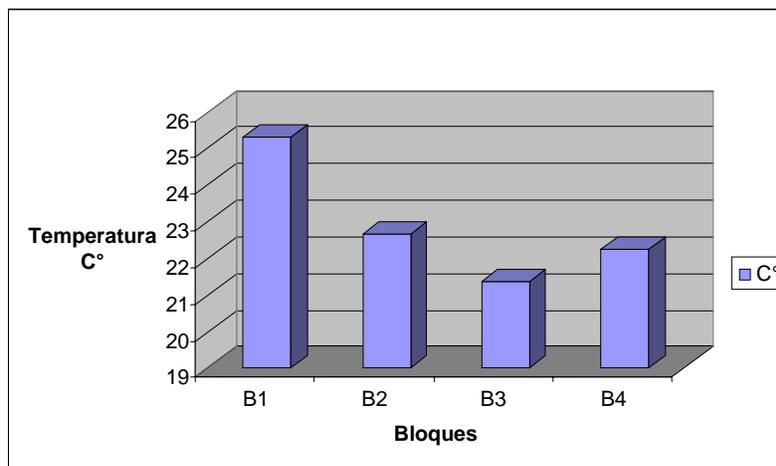


Fig. 1: Temperatura promedio del suelo según bloques.

La figura muestra que los bloques superiores tienen una mayor temperatura que los ubicados más abajo en el talud, lo cual se puede deber a que los bloques superiores tienen una mayor exposición a la radiación solar y al escurrimiento superficial a favor de la pendiente producto del riego.

Además, hay que tomar en cuenta que la adición de biosólido al suelo aumenta la concentración de materia orgánica, generando una mayor actividad de los microorganismos del suelo y por ende de la temperatura (Quinchía y Carmona, 2004).

Nodulación de Raíces: Para la evaluación de resultados se realizaron cuadros para cada tratamiento que en este caso sólo son los tratamientos 2 (Poa, Festuca sp y Trébol blanco) y 3 (Ballica, Trébol blanco y Festuca sp), ya que estos contenían leguminosa. Se observaron y clasificaron los siguientes parámetros: color de la parte aérea, abundancia, tamaño y presencia de nódulos en raíz principal.

En cuanto al color interno de los nódulos al momento de la toma de muestras se pudo apreciar que todos presentaban un color rojo en el centro, lo que indica que estaban fijando activamente N_2 . Los nódulos de raíz principal eran medianos y pequeños al igual que en las raíces secundarias.

Todas las muestras presentaban un estado vegetativo saludable y color verde oscuro. Las evaluaciones fueron clasificadas de acuerdo con Vincent (1970).

Presencia de Malezas: Las malezas pudieron contarse recién previo al segundo corte, ya que anteriormente no hubo presencia. Los tratamientos 4 (*Festuca Chewings* y *Creeping bentgrass*) y 2 (Poa, Festuca sp y Trébol blanco) presentan el mayor número de malezas respectivamente. El tratamiento 1, testigo, identificó las especies que suelen surgir en el lugar. No obstante, ya que el suelo del lugar es muy arcilloso, y en el caso de que éste contuviese algunas semillas, éstas se enfrentarían a serias dificultades para germinar y luego crecer debido a los procesos de expansión y contracción que suceden con las arcillas al humectarse y secarse. Se observó que crecieron malezas procedentes del relleno sanitario, donde las más abundantes fueron: alfilerillo (*Erodium cicutarium*), falso yuyo (*Rapistrum rugosum*) y manzanilla bastarda (*Anthemis arvensis*). Sin embargo, éstas presentaban un escaso cubrimiento, crecimiento muy aislado, además que son anuales por lo que crecieron ya cuando se estaba terminando el ensayo.

En el caso del tratamiento 3 (Ballica, Trébol blanco y Festuca sp), fue el que tuvo una mejor competencia contra malezas, gracias al rápido establecimiento de la Ballica (*Lolium perenne*) y su alto poder de cubrimiento por lo que retardó y excluyó el desarrollo de malezas. El análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0,05$) ni entre bloques.

Desarrollo de Raíces: El análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0,05$), ni entre bloques. En la Figura 2 se presentan los valores promedio de peso seco de los tratamientos; 2 (Poa, Festuca sp y Trébol blanco), tratamiento 3 (Ballica, Trébol blanco y Festuca sp) y tratamiento 4 (*Festuca Chewings* y *Creeping bentgrass*).

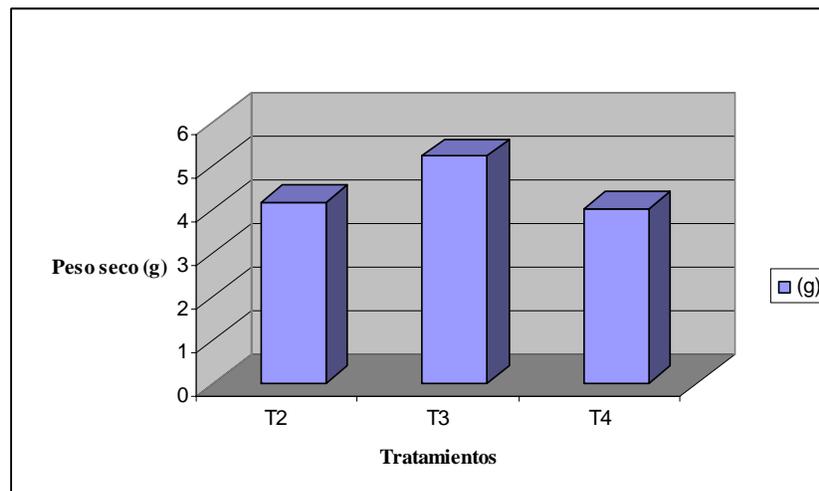


Fig. 2: Peso seco de raíces promedios por tratamiento.

La figura muestra un mayor peso seco de raíces en el tratamiento 3 (Ballica, Trébol blanco y Festuca sp) con un promedio de 5,22 g. y una diferencia muy estrecha entre el tratamiento 2 (Poa, Festuca sp y Trébol blanco) con 4,17 g. y tratamiento 4 (*Festuca Chewings* y *Creeping bentgrass*) con 4,02 g.

En cuanto a la longitud de las raíces de los diferentes tratamientos éstas se encontraron entre los -5 y -10 cm de profundidad edáfica de los tres tratamientos. Este parámetro cobra importancia si se toma en cuenta que el establecimiento de plantas sobre el sustrato sólo será posible si éste posee un grosor suficiente para permitir el crecimiento radicular. Por lo tanto, la cubierta de 30 cm de suelo preparada para el ensayo es suficiente para establecer este tipo de especies.

Los parámetros evaluados estadísticamente no presentaron diferencias significativas entre tratamientos, no obstante, el tratamiento 3 (Ballica, Festuca sp y Trébol blanco) es la mezcla herbácea que obtuvo los mejores resultados en todas las evaluaciones. Los resultados de éste tratamiento se deben principalmente a que la Ballica perenne presentó un rápido establecimiento y el Trébol blanco tenía un alto poder de cubrimiento permitiendo una efectiva protección del talud contra la erosión lo que es bastante útil para el lugar donde se desea establecer. Otra ventaja es que al contener una leguminosa, ésta permite una fijación del nitrógeno y un aumento de la disponibilidad del elemento para las otras especies herbáceas no fijadoras.

No se presentan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) para el uso de las distintas mezclas herbáceas en la revegetalización del relleno sanitario Santiago Poniente en el análisis del índice de la velocidad de emergencia.

El tratamiento 3 (Ballica perenne, Trébol blanco y Festuca), presenta una rápida emergencia en los primeros días posteriores a la siembra, pero luego se ve superada por los otros tratamientos. La figura 3 muestra los valores de emergencia obtenidos en las distintas fechas, comparándolas entre si.

Se puede apreciar que algunos valores disminuyeron con respecto a mediciones anteriores, esto se debió a que las parcelas tenían una densidad de cubrimiento heterogénea, además de considerar que el cuadrado era lanzado al azar, cayendo justamente en zonas con menos emergencia.

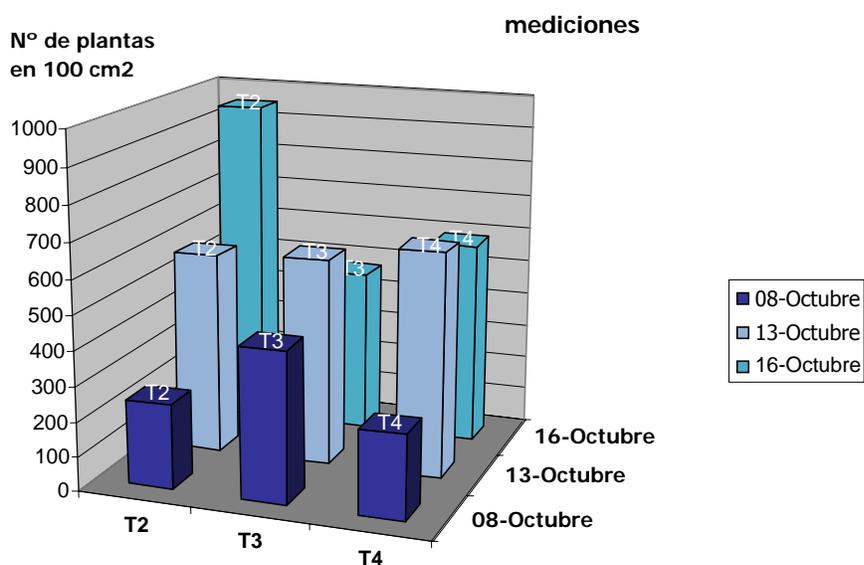


Fig. 3: Comparación entre las tres mediciones del índice de velocidad de emergencia de las plántulas.

CONCLUSIONES

La incorporación de biosólidos en un 15% a un suelo, entrega a éste efectos positivos para el establecimiento de un césped, además de ser una opción sustentable para el uso de biosólidos debido a la posibilidad técnica de su utilización. Las mezclas herbáceas utilizadas en el experimento se desarrollaron sin dificultad con el manejo del suelo y del agua realizado en el experimento.

REFERENCIAS

1. Arata, P. (2010); Gestión Integral de Biosólidos en el Marco del DS N°4/2009, disponible en www.mma.gob.cl (consultado el 28 de setiembre de 2011).

2. Brutti, L.; Lagos, M.; Garrido, M. (2010); Biosólidos en el cierre del ex relleno sanitario de Lepanto Resúmenes Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario, Argentina, pp. 298. Buenos Aires, AR:AACS.
3. Castro, C.; Henríquez, O.; Freres, R. (2007); *Posibilidades de aplicación de lodos o biosólidos a los suelos de sector norte de la Región Metropolitana de Santiago*. Revista de Geografía Norte Grande: 37, 35-45 (Documento www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34022007000100003&script=sci_arttext-42k-, consultado en Setiembre 2011).
4. Erazo, A. (2007); *Opciones de uso y disposición en la Región Metropolitana*. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Santiago, Chile, U. de Chile. Escuela de Agronomía. 90 p. http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2007/erazo_a/sources/erazo_a.pdf (Consultado en Noviembre 2008).
5. Grace, V.M.; Thayer, M.W.; Hogan, R.S. (2003); *A Biosolids Management Approach that Emphasizes Environmental Sustainability*. Proceedings of the Water Environment Federation, WEF/AWWA/CWEA Joint Residuals and Biosolids Management, pp. 961-977(17) Publisher: Water Environment Federation.
6. Granato, T.; Cox, A.; Hundal, L.; Sawyer, B.; Lanyon, R. (2005); *Marketing Biosolids for Beneficial Use in the Chicago Metropolitan Area*. Proceedings of the Water Environment Federation, Residuals and Biosolids Management, pp. 87-111(25) Publisher: Water Environment Federation.
7. Hoover, M.; Gundlach, J. (2007); *Biosolids reuse-success through partnering*. Proceedings of the Water Environment Federation, Residuals and Biosolids Management, pp. 576-590(15). Publisher: Water Environment Federation.
8. Kim, K.-R.; Owens, G. (2010); *Potential for enhanced phytoremediation of landfills using biosolids - a review*. Journal of Environmental Management: 91(4), 791-797.
9. Lagos, M. (2006); *Uso de biosólidos en la formación de suelos del ex Relleno Sanitario de Lepanto*. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Santiago, Chile, Universidad Mayor. Escuela de Agronomía, 57p. <http://catalogo.sibum.cl/uhtbin/cgiirsi.exe/?ps=c3Y9KMqr05/VESPUICIO/41510002/9> (Consultado en Noviembre 2008).
10. Little, T.; Hills, J. (1989); *Métodos estadísticos para investigación en la agricultura*. 2º ed. México. Trillas, 269 p.
11. Lue-Hing, C.; Zenz, D.R.; Kuchenritner, R. (1992); *Municipal Sewage Sludge Management: Processing, Utilization and Disposal*, Technomic Publishing Co., 663p.
12. Muller, C. (1984); *Manejo de Céspedes*. Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales, Departamento de Producción Agrícola, Santiago, Chile. 434p. http://catalogo.uchile.cl/web2/tramp2.exe/see_record/A02dsnck.004?server=1home&item=2&item_source=1home.
13. Quinchía, A.; Carmona, D. (2004); *Factibilidad de disposición de los biosólidos generados en una planta de tratamiento de aguas residuales combinadas*. Revista EIA: 2, 89-108. <http://revista.eia.edu.co/articulos2/8%20factibilidad.pdf> (Consultado el 27 de setiembre de 2011).
14. Vincent, J.M. (1970); *A Manual for the Practical Study of Root-Nodule Bacteria*. IBP Handbook nº 15 Blackwell Scientific Publications. Oxford and Edinburgh.

