

EVALUACION DEL IMPACTO DEL RECICLAJE DE RESIDUOS EN SUELO FORESTALES

María Aguilera¹, Gilda Borie¹, Pedro Peirano¹, Manuel Rodríguez².

¹Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, ²Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Olivos 1007, Independencia. Casilla 233, Santiago, Chile. e-mail: maguiler@ciq.uchile.cl.

RESUMEN

Para determinar el impacto en suelos forestales del reciclaje de residuos: lodos cloacales ó biosólidos, aserrín y corteza, se desarrolla el proyecto FONDEF D0111034 "Desarrollo de prácticas sustentables de reciclaje de biosólidos en plantaciones forestales", durante 3 años. Se evalúa: residuos a utilizar, suelos, agua y la biomasa vegetal, a través de mediciones de desarrollo forestal y nutricional por análisis foliar.

Como se trata de la determinación de impactos de los residuos a reciclar en los suelos, se debe evaluar todos los parámetros tanto positivos como negativos, que esos sustratos aportarán a los suelos. Es así que se han evaluado la composición de los lodos y de lodos compostados con aserrín y corteza, en sus contenidos en carbono, nitrógeno y fósforo, como elemento total y disponibles, además, su distribución en las distintas formas estables y lábiles en que se encuentran, como también en sus contenidos de elementos metálicos que constituyen macro, micronutrientes y posibles contaminantes.

En el proyecto el estudio se realiza en bosques de tres regiones, V, VI y VII, en los que se han aplicado biosólidos y compost de residuos generados en las mismas zonas. En este trabajo se presentan resultados obtenidos para dichos residuos en el segundo año de dichas evaluaciones.

El contenido de C, cercano al 30% para ambos productos, asegura un importante aporte de materia orgánica total. También se evidencia que las modernas plantas de tratamiento logran productos homogéneos. El contenido de nitrógeno total fluctúa entre 5,2 y 6,1% en los biosólidos, en los compost hay un aporte de N que fluctúa entre 1,5 y 2,4%. Las relaciones C/N en los lodos son del orden de 6 y en los compost relaciones de 15 y 16. La calidad de la materia orgánica y la disponibilidad de C y N de los residuos se analizan según los Balances de C y N que permiten estimar la calidad y biodisponibilidad de dichas fuentes para su aporte en suelos. Los metales pesados se encuentran en niveles muy bajos.

INTRODUCCION

En Chile al igual que en todos los países desarrollados, o en vías a esta anhelada meta, se implementan proyectos conducentes al uso de residuos de alto impacto que se generan como subproductos en elaboraciones industriales, agroforestales y especialmente residuos urbanos generados por el hombre en su hábitat como basuras y residuos cloacales.

En este aspecto, en Chile en los últimos años se han implementado modernas plantas de tratamiento de aguas servidas en las principales ciudades de cada una de sus regiones, lo que por cierto conlleva la producción de grandes cantidades de lodos cloacales tratados, además, el gran desarrollo de las empresas forestales contribuye con grandes cantidades de aserrín y corteza, todos ellos constituyen un bagaje muy importante de residuos a los que se debe dar salida, ojalá con fines benéficos.

Actualmente una de las principales salidas a estos residuos es su uso en suelos: para la recuperación de suelos degradados y uso en suelos agrícolas y forestales. De esas alternativas, el uso en suelos forestales es el que en el aspecto ambiental reviste menores riesgos para su uso dado que los bosques no son parte de la cadena trófica de los seres vivos.

El aporte que estos residuos hacen al sistema edáfico es múltiple ya que son fuente muy importante de carbono, nitrógeno, fósforo, además de macro y micro nutrientes como Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, etc. Lo que contribuye a la nutrición vegetal y en la estructura del suelo, con mejoramiento de la retención de humedad y del grado de agregación del suelo, lo que a su vez favorece los procesos biológicos por el mejor equilibrio hídrico y aeróbico del sistema.

Para determinar el impacto que producirá en suelos forestales el reciclaje de residuos: lodos cloacales ó biosólidos, aserrín y corteza, se desarrolla el proyecto FONDEF D0111034 "Desarrollo de prácticas sustentables de reciclaje de biosólidos en plantaciones forestales".

Para la determinación de impactos de los residuos, se debe evaluar todos los parámetros tanto positivos como negativos, con los que esos sustratos aportarán a los suelos. Es así que se han evaluado la composición de los lodos y de lodos

compostados con aserrín y corteza, en sus contenidos en carbono, nitrógeno y fósforo, como elemento total y su distribución en las distintas formas en que se encuentran, como también en sus contenidos de elementos metálicos que constituyen macro, micronutrientes y posibles contaminantes.

En el proyecto el estudio se realiza en bosques de tres regiones, V, VI y VII, en los que se han aplicado biosólidos y compost de residuos generados en las mismas zonas. Son esos residuos generados en cada región los que se evalúan.

En este trabajo se presentan resultados obtenidos en dichas evaluaciones.

MATERIALES Y METODOS

Los lodos que se evaluaron corresponden a lodos provenientes de las plantas: ESVAL de La Ligua V Región; ESSEL Chancón, Rancagua de la VI Región y ENSM, Curicó de la VII Región. Las últimas 2 plantas corresponden actualmente a ESSBIO.

Los Compost de la VI y VII región, corresponde a productos obtenidos en los propios predios forestales con: lodos, aserrín y corteza. En el caso del Compost de la V Región corresponde a compost obtenido por una empresa de compostaje para ESVAL.

Para la evaluación de elementos nutrientes y/o contaminantes se determinó:

- pH en potenciómetro pHMeter,
- Análisis elemental C, N, S con un equipo Analizador Elemental Vario-EI,
- Balances de C y N por método establecido por Aguilera y col. 1997. G. Borie y col.2003.
- y cationes por espectrofotometría de emisión, previa destrucción de materia orgánica en horno microonda.

Todos los datos corresponden a muestras representativas y alcatorias de los Lodos y Compost que se ocuparon en disposición a los suelos forestales.

RESULTADOS Y DISCUSION

Se acompaña datos de pH y contenidos de C y N en lodos de las plantas de tratamiento de aguas servidas de las 3 regiones y también en compost elaborados a partir de esos mismos lodos (Tabla 1) En la misma tabla se presenta la relación C/N para evaluar la calidad del sustrato.

Se observa que los rangos de pH para ambos productos son adecuados para su uso en suelos, levemente ácidos en lodos y más neutros en el caso del compost

Tabla 1. pH, análisis elemental y relación C/N de residuos.

| | pH | %C | %N | C/N |
|-------------|------|------|-----|-----|
| LODO V | 5,64 | 31,3 | 5,2 | 6 |
| LODOVI | 5,24 | 39,2 | 5,9 | 6,6 |
| LODO VII | 5,62 | 36,5 | 6,1 | 6 |
| COMPOST V | 7,79 | 36 | 2,4 | 15 |
| COMPOST VI | 6,05 | 30,5 | 2,0 | 15 |
| COMPOST VII | 5,34 | 23,7 | 1,5 | 16 |

El contenido de C cercana al 30% para ambos productos, asegura un importante aporte de materia orgánica total, Tabla1. También se evidencia que las modernas plantas de tratamiento producen productos semejantes u homogéneos, a diferencia de otros valores obtenidos en la evaluación de lodos producidos en distintos tipos de procesos en las mismas regiones. Esos resultados se presentaron en el IX Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, que se desarrollo en Talca en el año 2002.

El contenido de nitrógeno total fluctúa entre 5,2 y 6,1% en los biosólidos, estos valores significan un muy buen aporte de N y sobre este valor se efectúan los cálculos para determinar la dosis de aplicación a suelos. En el caso de los compost se asegura también un aporte de N que fluctúa entre 1,5 y 2,4%.

Las relaciones C/N en los lodos son del orden de 6 mientras que el compostaje como es de esperar diluye ese contenido de nitrógeno y da un producto más estable con relaciones de 15 y 16.

Sobre la calidad de la materia orgánica y la disponibilidad de C y N que tienen los residuos en estudio, se acompañan los Balances de C (Tabla 2) y Balances de N (Tabla3) que permiten estimar la calidad y biodisponibilidad de dichas fuentes para su aporte en suelos.

En las tablas 2 y 3 se presentan las fracciones estables de la materia orgánica, las correspondientes a las formas integradas en el humus: ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) y huminas (hum). La diferencia entre el C total y la suma de las fracciones humina, AH y AF, da lugar a conocer el pool de elemento disponible en formas solubles y rápidamente aprovechables para todos los procesos químicos y biológicos que se desarrollan en el sistema edáfico.

De igual forma se estima el Balance de N (tabla3), en que se presenta el N unido a las fracciones estables, y la diferencia con el N total corresponderá a formas solubles. Además se presentan datos de los contenidos de las formas inorgánicas del N, amonio y nitratos, las que por cierto corresponden también al pool soluble.

Tabla 2. Balance de carbono (g C/100g suelo)

| | % C total | C-hum | C-HA | C-FA | % C estable | C-sol |
|-------------|-----------|-------|------|------|-------------|-------|
| LODO V | 31,3 | 15,15 | 0,23 | 2,57 | 57,3 | 13,35 |
| LODO VI | 39,2 | 13,4 | 4,6 | 2,32 | 51,8 | 18,88 |
| LODO VII | 36,5 | 13,85 | 2,02 | 3,74 | 53,7 | 16,89 |
| COMPOST V | 36 | 22,8 | 2,17 | 4,89 | 82,8 | 6,2 |
| COMPOST VI | 30,5 | 9,91 | 3,59 | 1,02 | 47,5 | 15,98 |
| COMPOST VII | 23,7 | 7,32 | 3,34 | 0,59 | 47,5 | 12,45 |

El Balance de C muestra que para los lodos el aporte en fracciones orgánicas estables es entre el 50 y 60% siendo el resto una fracción soluble que puede ejercer un papel de activador de procesos biológicos con la consiguiente mayor disponibilidad de

nutrientes. Las fracciones estables a su vez aportan a la estructuración del suelo, mejorando la agregación y aprovechamiento del agua.

En el caso del material compostado es menos uniforme dependiendo seguramente del medio ambiente en que se desarrolla el compostaje y del material usado en el proceso

En el caso del Balance de N (Tabla 3), las fracciones estables del N corresponden aproximadamente al 50% y el pool lábil o nitrógeno soluble corresponde al otro 50%. De esta fracción disponible la mayoría corresponde a N orgánico hidrolizable, lo que se ratifica si se observan los niveles del N inorgánico. Esta distribución del nitrógeno permite estimar una biodisponibilidad de ese importante elemento.

Tabla 3. Balance de nitrógeno (g N/100g suelo)

| | N total | N-hum | N-HA | N-FA | NO ₃ ⁻ | NH ₄ ⁺ | % N estable | N-sol |
|-------------|---------|-------|-------|-------|------------------------------|------------------------------|-------------|-------|
| LODO V | 5,2 | 1,856 | 0,033 | 0,39 | 0,0006 | 0,35 | 50 | 2,6 |
| LODO VI | 5,9 | 1,458 | 0,613 | 0,39 | 0,0003 | 0,42 | 48,8 | 3,0 |
| LODO VI | 6,1 | 1,618 | 0,274 | 0,70 | 0,0005 | 0,54 | 51,3 | 2,97 |
| COMPOST V | 2,4 | 0,635 | 0,224 | 0,35 | 0,0009 | 0,09 | 54,6 | 1,09 |
| COMPOST VI | 2,0 | 0,608 | 0,385 | 0,12 | 0,0149 | 0,19 | 64,7 | 0,72 |
| COMPOST VII | 1,47 | 0,427 | 0,288 | 0,054 | 0,0288 | 0,0003 | 54,3 | 0,67 |

El Balance de N en los productos compostados, el N total disminuye a menos de la mitad del contenido en los lodos por la dilución del proceso, pero la cantidad de N estable aumenta lo que asegura una mayor permanencia en el suelo, alargando su biodisponibilidad.

Además, se adjuntan datos del aporte de nutrientes y metales pesados en ambos tipos de materiales, Tabla 4.

Tabla 4. Contenido de macro y micro elementos en lodos. 2ª aplicación. (mg/kg)

| | Ca | Fe | Mn | Zn | Cu | Ni | Pb | Cd |
|--------------|------|-------|-----|------|-----|----|----|----|
| Lodo Ligua | 1496 | 73787 | 516 | 1174 | 449 | 36 | 67 | <5 |
| Lodo Chancón | 967 | 9161 | 127 | 763 | 784 | 20 | 66 | <5 |
| Lodo Curicó | 7932 | 8307 | 125 | 625 | 452 | 25 | 77 | <5 |

Tabla 5. Contenido de macro y micro elementos en compost. (mg/kg)

| | Ca | Fe | Mn | Zn | Cu | Ni | Pb | Cd |
|--------------------|-------|-------|-----|-----|-----|----|----|----|
| Compost V Región | 7794 | 8230 | 490 | 561 | 362 | 15 | 40 | 0 |
| Compost VI Región | 12501 | 12237 | 249 | 490 | 360 | 44 | 64 | <5 |
| Compost VII Región | 3368 | 18337 | 249 | 499 | 262 | 65 | 47 | 0 |

El contenido de nutrientes es adecuado y los niveles de metales pesados resultan inocuos para su aplicación a suelos.

Además, cabe señalar que esos valores se ubican en el rango aceptable para aplicación a suelos, por las normas internacionales, EPA y Comunidad Europea y el Proyecto de Norma chilena.

AGRADECIMIENTOS

Al financiamiento de Fondef D 01 I 1034 y a las Empresas Forestales y Sanitarias que contribuyen al proyecto.

REFERENCIAS

Aguilera, S. M.; Borie, G.; Peirano, P.; Mora, M.; Demanet, R. 1992. Caracterización de purines para su aplicación a suelo (Barnyard Manure Characterization for Soil Application). Agricultura Técnica. 55(3-4):150-152 Chile.

Aguilera, S. M.; Borie, G.; Galindo, G.; Peirano, P. 1997. Organic Matter in Volcanic Soils in Chile Chemical and Biochemical-Characterization. Communications in Soil Science and Plant Analysis. Vol. 28, Iss 11 - 12, pp. 899 - 912.

Borie, G.; Peirano, P.; Zunino, H.; Aguilera, S.M. 2002. N-pool in volcanic ash-derived soils in Chile and its changes in deforested sites, Soil Biology and Biochemistry. 34,1201-1206

Costa, F.; García, C.; Hernández, T. and Polo, A. 1995. Residuos orgánicos urbanos. Manejo y utilización . Ed. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, Murcia, España.

García, C.; Hernández, T.; Costa, F. and Polo, A. 1991. Humic substances in composted sewage sludge. Wastes Management & Research. 9, 189-194.

García, C.; Hernández, T.; Costa, B.; Ceccanti, B. and Polo, A. 1992. A comparative chemical-structural study of fossil humic acids and those extracted from urban wastes. Resources, Conservation and Recycling. 6,231-241. Elsevier Science Publishers B. V.

Hernández, M. T.; Moreno, J. L.; Costa, F.; González-Vila, F. J. and Fründ, R. 1990. Structural features of humic acidlike substances from sewage sludges. Soil Science. 149 (2), 63-68