

## **INOCULANTE DE MICROORGANISMOS ENDÓGENOS PARA ACELERAR EL PROCESO COMPOSTAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS**

**María Ester Cariello, Liliana Castañeda, Inés Riobo; Jimena González**

Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Entre Ríos – Ruta 11 km 10  
Oro Verde - CC 47 Suc. 3 - CP 3100 - Paraná - Entre Ríos - Argentina.

Correspondencia: [biologia2@bioingenieria.edu.ar](mailto:biologia2@bioingenieria.edu.ar)

### **Endogenous microorganisms inoculant to speed up the composting process of urban swage sludge**

**Key words:** poli-microbial inoculants, aerobic bacteria, synergic bacteria, composting process

#### **ABSTRACT**

The aim of this study was to speed up the composting process of municipal solid wastes, piles of material were inoculated with a mixed of endogenous microorganism. The bacteria identified were *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas fluorescens* and one fungus, *Aspergillus fumigatus*. An inoculant was prepared in a concentration of  $1 \times 10^7$  UFC/ml for each microorganism and was applied through aspersion,  $2 \text{ L m}^{-3}$ . The following parameters were evaluated: Physical aspect, temperature, moisture content, pH, C:N ratio, organic matter, electric conductivity and cation exchange capacity. The results showed that inoculated piles reached the stability and maturity, four weeks earlier than the control pile without inoculation. These results suggested that the inoculant was useful to accelerate the composting process in the urban wastes.

**Palabras claves:** inóculos polimicrobianos, bacterias aeróbicas, bacterias sinérgicas, proceso de compostaje

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue acelerar el proceso de compostaje de residuos sólidos urbanos, se inocularon pilas de material con una mezcla de microorganismos endógenos. Las bacterias se identificaron como *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas fluorescens* y un hongo, *Aspergillus fumigatus*. Se preparó un inóculo con una concentración de  $1 \times 10^7$  UFC/ml para cada microorganismo y se aplicó por aspersión,  $2 \text{ L m}^{-3}$ . Se evaluaron los siguientes parámetros: aspecto físico, temperatura, humedad, pH, relación C:N, materia orgánica, conductividad eléctrica y capacidad de intercambio catiónico. Los resultados mostraron que las pilas inoculadas alcanzaron las características de estabilidad y madurez, cuatro semanas antes de la pila control sin inoculación. Estos resultados indicaron que el inóculo fue útil para acelerar el proceso de compostaje en residuos urbanos.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, gran cantidad de residuos sólidos urbanos hace necesario su tratamiento (Carpio *et al.*, 2001). El compostaje es un método eficiente en la eliminación de estos residuos, ya que permite además el aprovechamiento del producto final (Boulter, 2000). Este proceso tiene una duración variable, dado por la calidad de los residuos, el tamaño de partícula, disposición de la pila, aireación, humedad y población biológica activa. El período de transformación es cercano a 170 días, e implica la acumulación de gran cantidad de material en las plantas de compostaje (Boulter, 2000). En trabajos anteriores hemos ensayado inóculos obtenidos con cultivos monomicrobianos de microorganismos extraídos de las pilas, no encontrando diferencias significativas en el tiempo de compostaje (De Carlo *et al.*, 2001). Sin embargo, el inóculo constituyó un agregado significativo en número para producir una bioaumentación y la reducción del tiempo de formación y maduración del compost (De Carlo *et al.*, 2001).

En el presente trabajo se probó la producción de un inoculante a partir de un cultivo formado por una mezcla de microorganismos endógenos seleccionados de pilas de compostaje y, por lo tanto, mejor adaptados a esas condiciones (Faure, 1991., Vargas-García, 2007).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Diseño experimental

Se trabajó con pilas de compostaje de biorresiduos sólidos urbanos a cielo descubierto, en la planta de tratamiento de residuos de la ciudad de Crespo, Entre Ríos, Argentina. Las pilas se ubicaron sobre una plataforma de cemento abovedada y rodeada por canaletas para permitir el escurrimiento del lixiviado. Las pilas tuvieron en promedio  $1 \text{ m}^3$  y 160 kg de material orgánico. Previo a su armado, el material se sometió a molienda en un molino a martillos para obtener partículas entre 1 y  $3 \text{ cm}^3$ , tamaño adecuado para el ataque microbiano, (De Carlo *et al.*, 2001). Para asegurar estas condiciones, se realizó un volteo con frecuencia semanal (Carpio *et al.*, 1997).

### Identificación de los microorganismos

Se tomaron muestras de las pilas de compostaje de las pilas de la misma planta de procesamiento durante las primeras 3 semanas del proceso. A partir de diluciones de la muestra  $1 \times 10^{-4}$  en solución fisiológica y para no perder aquellos microorganismos que colonizaron a bajas concentraciones, se realizó un aislamiento en las placas con medios Saboureaud tripteína de soja. Las mismas se incubaron a  $28 \text{ }^\circ\text{C}$  por 5-7 días para el caso de los hongos y a  $37 \text{ }^\circ\text{C}$  por 48 h para las bacterias. Las distintas cepas

aisladas se sembraron en agar nutritivo suplementado con almidón al 2 % y lugol como indicador. La actividad amilolítica se valoró de acuerdo al diámetro del halo de degradación alrededor de cada colonia (Madigan *et al.*, 2004). Los mismos microorganismos se sembraron en medio de Wollum II que utiliza celulosa como única fuente de carbono. La actividad celulolítica se valoró de acuerdo al diámetro del halo de degradación alrededor de cada colonia (Wollum, 1982; Figoni *et al.*, 2001).

Las cepas bacterianas se identificaron mediante las siguientes pruebas: morfología, coloración de Gram, Movilidad en fresco, Catalasa, Formación de endosporos, Hidrólisis de gelatina, prueba de oxidación/fermentación de glucosa, oxidada y King A y B (Madigan *et al.*, 2004). Las cepas fúngicas se identificaron mediante estudios morfológicos. Se observó aspecto y coloración de la colonia en el anverso y reverso en medio Saboureaud en cultivo fresco y envejecido. Se realizó disección de la colonia para la observación microscópica de la tabicación del micelio. Se indujo la fructificación con la técnica del microcultivo en medio Lactrimel en cámara húmeda e incubación a 28 °C por 5 y 7 días (Madigan *et al.*, 2004).

### Selección de las cepas

De las cepas aisladas de las pilas, se realizó la selección de aquellas que demostraron mayores actividades amilolítica y celulolítica de acuerdo a los halos de degradación obtenidos en los cultivos. Se valoró la actividad amilolítica y celulolítica de 30 cepas bacterianas, de ellas 10 fueron las que presentaron los mayores halos de degradación. Asimismo se valoró la actividad amilolítica y celulolítica de 10 cepas fúngicas, de ellas se seleccionaron las dos más activas. Así en total se seleccionaron 12 cepas.

La selección de los microorganismos más activos se realizó con una confiabilidad del 95%, utilizando los halos de hidrólisis mayores o iguales 0,5 cm de diámetro. De

esta forma se descartaron los microorganismos de baja actividad degradativa.

### Cepas seleccionadas y antagonismo

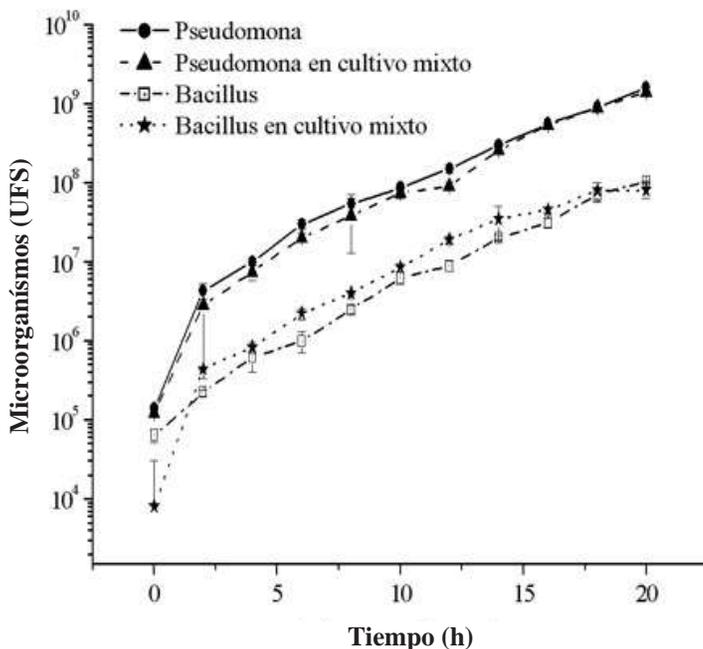
Para descartar antagonismo entre las cepas bacterianas se realizó una curva de crecimiento microbiano en medio líquido: se sembraron en caldo tripteína de soya cada una de las cepas bacterianas por separado y en conjunto y luego se incubaron a 37 °C por 24 h. Se tomaron alícuotas a distintos tiempos para efectuar recuento en placa y evaluar las diferencias de los monocultivos microbianos con respecto al recuento de ambas bacterias.

Se realizó un 'screening' de antagonismo bacteriano fúngico, utilizando el método del disco central (Reynaldi *et al.*, 2004) de un cultivo del hongo en medio Lactrimel incubado a 28 °C por 7 días. Se tomaron discos de 7 mm de diámetro del área de esporulación del micelio y se colocaron en placas de tripteína de soya a 30 mm de distancia de la siembra de 'spots' de las colonias bacterianas y se incubaron a 37 °C por 48 a 72 h. Luego se midió el diámetro de las colonias prestando atención a su uniformidad. Como control se usaron placas que contenían sólo el hongo o bacterias.

Las pruebas de interacción entre estos microorganismos presentes en el compost se realizaron para asegurar que no existiese competencia, ni producción de sustancias inhibitoras secretadas al medio. Esto permitió incorporar los microorganismos seleccionados en una concentración significativa y probar su efecto como acelerador del proceso de compostaje. Estas pruebas permitieron descartar los microorganismos que presentaron algún grado de inhibición mutua. Para el caso de las bacterias se observó la concavidad en las colonias en las zonas enfrentadas en el cultivo en placa. También se observó la disminución de la pendiente de la curva de crecimiento en medio líquido para el cultivo mixto con respecto a la pendiente individual de crecimiento de cada una de ellas.

Para el caso de los hongos se observó la disminución del diámetro de la colonia del cultivo mixto frente al de las placas control o la concavidad en las colonias en las zonas enfrentadas. La comparación de las curvas de crecimiento en medio líquido no resultó aplicable a los cultivos mixtos de hongos y bacterias debido a los diferentes tiempos de reproducción de estas especies. De las 12 cepas previamente seleccionadas,

sobre la base de sus mayores actividades amilolíticas, celulolíticas y las pruebas de interacción, se seleccionó una cepa de bacilos Gram positivo, Gram negativo y una de hongo de micelio filamentososo. Estos tres microorganismos mostraron ausencia de inhibición mutua en el cultivo en medio sólido y en la curva de crecimiento en medio líquido realizada en forma individual y conjunta. (Figura 1).



**Figura 1:** Curva de crecimiento bacteriano en función de la temperatura en el proceso de compostaje de residuos sólidos

**Figure 1:** Bacterial growth as function of temperature during composting processes of solid urban wastes

Las bacterias fueron identificadas como *Bacillus subtilis* (bacilos Gram positivo, móviles, catalasa positivo, formadores de endosporos, que fermentan la glucosa e hidrolizan la gelatina) y *Pseudomonas fluorescens* (bacilos, Gram negativo, móviles, catalasa positivos, oxidasa positivos, que oxidan y no fermentan la glucosa ni hidrolizan la gelatina, son positivos para la prueba del medio King B). □

La cepa fúngica fue identificada como *Aspergillus fumigatus* por las características macroscópicas de la colonia y microscópicas de las fructificaciones. La observación macroscópica de la colonia de este hongo mostró un micelio blanquecino de aspecto pulverulento, que se torna verde grisáceo al madurar y de blanco a marrón al envejecer. Las fructificaciones observadas en microcultivos presentan micelio tabicado, aparecen conidióforos cortos, lisos y con vesículas, filiales uniseriadas en el tercio superior de la vesícula y conidios en cadena.

### Preparación del inóculo

Se recolectaron las colonias de bacterias de la superficie de placas de agar tripteína de soya previamente incubadas por 24 h a 37 °C y se resuspendieron en solución fisiológica ajustándose al patrón 0,5 de la escala Mc. Farland. Luego se corroboró su concentración por recuento en placa.

De las colonias de hongos cultivadas en medio Lactrimel por 10 días a 28 °C se recolectaron las esporas por inundación con suero fisiológico, ajustándose la concentración a  $1 \times 10^7$  mediante el recuento en cámara de esporas.

Para cada microorganismo seleccionado se preparó un inóculo de  $1 \times 10^7$  UFC/ml de suero fisiológico. Esta concentración resultó un agregado significativo a la población de las pilas de acuerdo a los datos obtenidos de trabajos anteriores (Figoni *et al.*, 2001; De Carlo *et al.*, 2001; Frioni, 1999).

### Inoculación de las pilas

El inóculo conteniendo los tres microorganismos seleccionados, cada uno en una concentración de  $1 \times 10^7$  UFC/ml, se aplicó asperjando sobre la superficie de las pilas a razón de  $2 \text{ L m}^{-3}$  de materia orgánica. La aplicación se efectuó por una única vez al comienzo del proceso y constituyó un agregado significativo de acuerdo a los recuentos poblacionales totales de las pilas (De Carlo *et al.*, 2001). En paralelo con cada lote de pilas inoculadas se procesó una pila testigo sin inóculo.

### Evaluaciones

Durante las 20 semanas que duró el proceso de compostaje, tanto para el aislamiento de los microorganismos en las primeras semanas, como para la determinación de los parámetros indicadores de estabilidad y madurez del proceso, se tomaron muestras de las pilas, en cinco puntos en la superficie y en el interior. Estas submuestras se mezclaron y homogeneizaron para su posterior análisis.

Las variables consideradas tales como temperatura, pH, relación C:N, conductividad eléctrica entre otras han sido sugeridas por numerosos autores (Iannotti *et al.*, 1994; Wu *et al.*, 2000; Boulter *et al.*, 2000). Con estos parámetros es posible observar la estabilidad (temperatura ambiente y estable y madurez del producto final (temperatura ambiente y pH neutro). La temperatura se midió con termómetro digital en tres puntos al interior de cada pila. El pH se midió con electrodo de lectura digital en suspensiones acuosas de muestras molidas en una relación 1:10 (peso seco:volumen). El contenido de humedad se determinó en estufa a 105 °C hasta peso constante. También se midió la relación C:N, capacidad de intercambio catiónico y conductividad eléctrica. El valor

de la materia orgánica se obtuvo por diferencia entre los valores de peso seco y cenizas. Luego el C se obtuvo dividiendo por 1.8. El N total se determinó de acuerdo al método de Kjeldahl.

Durante el proceso de compostaje, las pilas fueron evaluadas a la semana 8 y 12 posterior a la inoculación para determinar la presencia de *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* y *Aspergillus fumigatus*.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Microorganismo seleccionados

La identificación de las cepas seleccionadas permitió confirmar su potencialidad en el inóculo debido a sus capacidades metabólicas y agronómicas ya probadas y publicadas por diversos autores (*e.g.* Rechcigl, 1995). *Bacillus* y *Pseudomonas*, producen  $\alpha$ -amilasas que degradan el almidón al igual que *Aspergillus* que además produce proteasas, glucoamilasas y pectinasas. *Bacillus* produce enzimas extracelulares que descomponen polisacáridos, ácidos nucleicos y lípidos, permitiendo que el organismo emplee estos productos como fuentes de carbono y donadores de electrones. Algunas especies de *Bacillus*, y *Pseudomonas*, poseen capacidad enzimática para degradar diversos componentes de la pared celular de ciertos hongos (Vargas-García *et al.*, 2007). *Bacillus* presenta esporas con alta resistencia a los agentes físicos y químicos que constituyen una forma de resistencia al stress ambiental. Su hábitat es el suelo, allí se tornan metabólicamente activos cuando tienen disponibles sustratos para su crecimiento y el agotamiento de estos promueve la formación de esporas. Presentan la capacidad de degradar una enorme variedad de derivados de los tejidos animales y vegetales (celulosa, almidón, pectina, proteínas, agar) y además intervienen en los procesos de nitrificación, denitrificación, fijación de nitrógeno, jugando un rol significativo en los ciclos del carbono y nitrógeno. Las bacterias seleccionadas poseen además la

capacidad de degradar la materia orgánica (ver abajo) formando ácidos orgánicos que solubilizan el fósforo (Lynch, 1993) y son activas en el fitocontrol de patógenos (Phae, 1990; Fernandez *et al.*, 2001; Bagnasco *et al.*, 1998).

### Evaluación y control de las pilas inoculadas

Las variables consideradas tales como temperatura, pH, relación C:N, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico y el contenido de humedad es posible observar la estabilidad y madurez del producto final y están contempladas en la normativa vigente en Argentina (Ley N° 20466 de Fertilizantes y Enmiendas Orgánicas). Sin embargo, no todas estos indicadores presentan patrones de evolución común y ninguno constituye por sí mismo un único indicador para todos los casos (Tognetti *et al.*, (2006; Sanchez *et al.*, 2001).

#### Humedad

El producto final obtenido de los ensayos posee una humedad menor al 40 % lo cual coincide con los datos publicados por otros autores (Wu *et al.*, 2000). En el inicio del proceso la humedad fue del 60 %, en la octava semana de 58 % y a los 3 meses fue de 52 %. La humedad menor al 40% se logró de las pilas inoculadas entre las semanas 19 y 20 del proceso de compostaje, mientras que en las pilas testigo sin inoculación demoró 24 semanas.

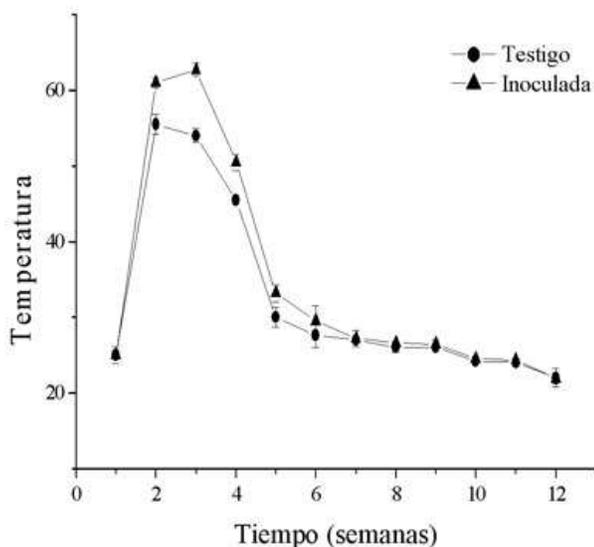
#### Temperatura

La temperatura en las pilas evidencia los cambios en la calidad y densidad de la población microbiana (Hellmann *et al.*, 1997; De Carlo *et al.*, (2001). En las pilas inoculadas el pico de temperatura se alcanzó una semana después en relación al testigo y logró un valor mayor de 63 °C y se mantuvo por más tiempo (Figuras 2). Esto evidencia una mayor actividad metabólica,

resultando beneficioso para la eliminación de potenciales patógenos. No se evidenciaron picos de autocalentamiento a partir de la semana ocho, propio del período de estabilización (Boulter *et al.*, 2000).

Según la literatura, los microorganismos seleccionados presentan tolerancia a cambios

de temperatura y pH (Madigan *et al.*, 2004), lo cual permite su persistencia dentro de la población metabólicamente activa en el proceso de compostaje. Se comprobó la permanencia de estos géneros y especies al ser re-aislado de las pilas en distintos momentos del proceso hasta la semana 12.



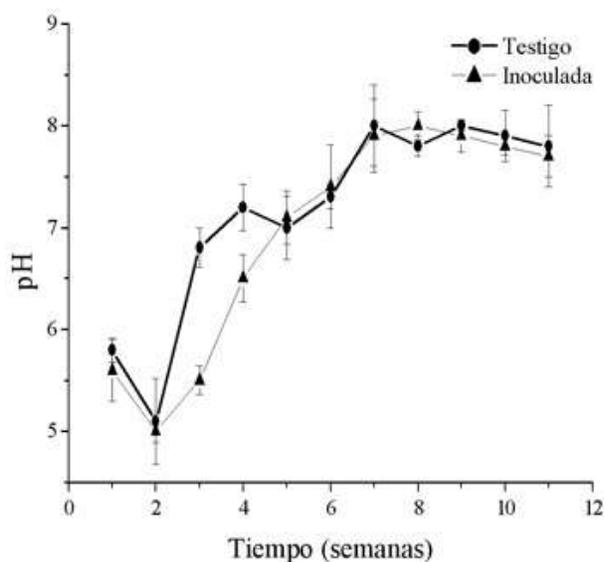
**Figura 2:** Evolución de la temperatura en el proceso de compostaje de residuos sólidos urbanos

**Figure 2:** Temperature evolution during composting processes of solid urban wastes

### pH

Tanto las pilas inoculadas como las testigos presentaron pH ligeramente ácidos al comienzo del proceso, en coincidencia con lo publicado por otros autores (Boulter *et al.*, 1999), que se atribuye a los ácidos orgánicos simples, productos iniciales de la descomposición. Las diferencias entre las pilas inoculadas y las testigos aumentaron a partir de la segunda semana, donde las testigos presentaron un pH cercano al neutro, evolucionando a partir de ese momento con

valores ligeramente alcalinos, mientras que en las pilas inoculadas el pH aumentó en forma lenta y gradual. Durante las 4 primeras semanas del proceso, el pH en las pilas inoculadas se mantuvo por debajo del de las pilas testigo (Figura 3). Esta evolución indicó una adecuada aireación para la degradación aeróbica de la materia orgánica (Jiménez y García, 1989). El producto final tuvo pH neutro.



**Figura 3:** Evolución del pH en el proceso de compostaje de residuos sólidos urbanos

**Figure 3:** pH evolution during composting processes of solid urban wastes

### *Materia orgánica*

El porcentaje de materia orgánica (MO) disminuyó a medida que avanza el proceso de compostaje, siendo mayor en los dos primeros meses. Al tratarse de residuos sólidos urbanos se partió de un valor alto, de 80,6 % y a los tres meses se obtuvo un valor de 51,7% en las pilas testigo y de 62,8 % en las inoculadas. Esta proporción se mantuvo con algunas oscilaciones hasta el final del proceso a la semana 20.

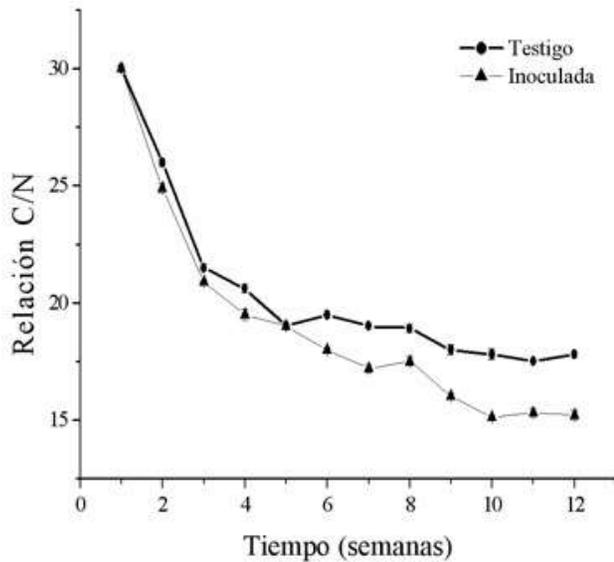
### *Relación C:N*

Producto del metabolismo microbiano aeróbico las pilas de residuos pierden material en forma gaseosa como  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ . El N se mantiene prácticamente constante, pasando de los residuos a los microorganismos y/o formando  $\text{NO}_2^-$  y  $\text{NO}_3^-$ , además se producen pérdidas por

lixiviación o escurrimiento de los componentes solubles y material suspendido, arrastrando C y N. La relación C:N de la masa es un factor importante a controlar para obtener una degradación adecuada. En el proceso del compostaje es importante evitar valores altos debido a que una relación elevada impide que se desarrolle una población microbiana extensa sin nutrientes adicionales y, por lo tanto el proceso se retrasa. Las relaciones de C:N bajas conducen a la volatilización del  $\text{NH}_3$ , lo que provoca pérdidas de N y malos olores (Zhu, 2006). La relación C:N evaluada en las pilas muestra una tendencia general a la disminución. Se partió de una relación C:N de 30 y a partir de la cuarta semana se observa un descenso mayor en las pilas inoculadas, llegando en la semana 12 a un valor de 15, frente a 17 de las pilas testigo. Estos valores se mantuvieron hasta el final

del proceso (Figura 4). Si bien el valor de la relación C:N no puede ser tomado como indicador absoluto de madurez debido al rango relativamente amplio de variación (entre 5 y 20) de acuerdo a la naturaleza del material, en nuestra experiencia, como en la de otros autores (Hirai *et al.*, 1983;

Seekins, 1996; Jiménez y García, 1989; Zucconi *et al.*, 1987) el valor final próximo a 15 resulta adecuado. Este valor no es tan elevado como para una vez el compost aplicado al suelo, inducir el consumo de N del mismo por parte de los microorganismos (Forster *et al.*, 1993).



**Figura 4:** Evolución de la relación C:N durante el proceso de compostaje de residuos sólidos urbanos

**Figure 4:** C to N ratio evolution during composting processes of urban waste

**Conductividad eléctrica**

Los valores obtenidos no mostraron una tendencia definida durante el proceso y resultaron ser muy disímiles entre las distintas pilas. Los valores hallados en las pilas tanto inoculadas como sin inocular a

los cinco meses variaron entre 0,57 y 3,95 dScm<sup>-1</sup>. Estos valores guardan relación con las concentraciones de Ca<sup>++</sup>, K<sup>+</sup> y Na<sup>+</sup> y no constituyeron en nuestro caso un buen indicador de madurez.

### **Capacidad de intercambio catiónico**

Si bien los valores obtenidos no mostraron una tendencia definida durante el proceso, el valor encontrado en las pilas inoculadas a los cinco meses de iniciado el proceso fue  $86,6 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$  suelo frente a  $57,6 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$  de las pilas testigo. Esto sería beneficioso ya que el compost obtenido de las pilas inoculadas tendría mayor potencialidad de retención de nutrientes y capacidad de retención de sustancias fitotóxicas como también mayor capacidad buffer, indicando de este modo el grado de madurez del producto.

### **Reducción de volumen y aspectos físicos**

El producto final obtenido posee olor a tierra mojada, color oscuro, no se distingue la materia orgánica de las que se partió y redujo su volumen a un 35 % del inicial.

### **CONCLUSIONES**

El objetivo este estudio fue aislar cepas de microorganismos nativos para acelerar el proceso de compostaje de residuos sólidos urbanos. Los microorganismos seleccionados fueron cepas de las bacterias *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas fluorescens* y la cepa del hongo *Aspergillus fumigatus*.

De acuerdo a los indicadores de estabilidad y madurez las pilas de compostaje inoculadas con estos microorganismos endógenos alcanzaron su estabilidad y madurez en menor tiempo que las testigos sin inocular. El producto final presentó los parámetros de calidad estándares establecidos en

Argentina. Los microorganismos seleccionados, componentes del inóculo aislados del proceso en forma natural, minimizan el riesgo de impacto negativo en el ambiente y generaron un compost de calidad.

### **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos al comité editor y en particular al Dr. F. Matus de la Universidad de La Frontera por sus aportes en la redacción y organización del manuscrito.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- BAGNASCO, P., DE LA FUENTE, G., GUALTIERI, F., NOYA, Y., ARIAS, A. 1998. Fluorescent *Pseudomonas* spp. as biocontrol agents against forage legume root pathogenic fungi. *Soil Biology & Biochemistry* 30:1317-1322).
- BOULTER, J. I., BOLAAND, G. J., TREVORS, J. T. 2000. Compost: A study of the development process and end-product potential for suppression of turfgrass disease; *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 16: 115- 134.
- CARPIO, A; DE CARLO, E; ROSA, A.; CARIELLO, M; CASTAÑEDA, L.; FIGONI, E; GRASSO, N.; RUIZ, A.; MASCHERONI, F. 1997. Optimización de técnicas para la obtención de un compost regional y su utilización por la comunidad como mejorador de suelos; *Rev. Ciencia docencia y tecnología- UNER*; N° 15 año 8 , Pag. 25 a 42.

- DE CARLO, E; ROSA, A.; BENINTENDE, S.; CARIELLO, M; CASTAÑEDA, L.; FIGONI, E; GRASSO, N.; RUIZ, A.; MASCHERONI, F. 2001 Estudio de la población microbiana en las etapas iniciales del compostaje; Rev. Ceres; 48(280); 699-715.
- FAURE, D.; DESCHAMPS, A.M.; 1991 The effect of bacterial inoculation on the initiation of Composting of Grape pulps; Bioresource Technology 37 ; 235-238.
- FERNANDEZ- LARREA VEGA, O. 2001. Microorganismos antagonistas para el control fitosanitario, Rev. Manejo integral de plagas (Costa Rica), N° 62; pag 96-100.
- FIGONI, E., CASTAÑEDA, L., CARIELLO, M., ROSA, A., GRASSO, N., DE CARLO, E., BENINTENDE, S., CHAJUD, A..2001 Actividad Metabólica de la Población Microbiana en las primeras etapas del Compostaje; Tratamiento Integral de Residuos Sólidos. Ed. Universidad Nacional de Entre Ríos.
- FORSTER, J.C., ZECH, W., WIIRDINGER, E. 1993. Comparison of chemical and microbial methods for the characterization of the maturity of composts from contrasting sources. Biology and Fertility of Soils 16, 93-99.
- FRIONI, L.; 1999 Los Procesos microbianos (Tomo II); Editorial de la Fundación de la Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto. Córdoba, Argentina.
- HERRMANN, R. F. & SHANN, J. F.;1997 Microbial community changes during the composting of municipal solid waste; Microbial Ecology 33, 78-85.
- HIRAI, M. F., CHANYASAC, V., KUBOTA, H.1983. A Standard Measurement for Compost Maturity. Biocycle 24, 54-56.
- IANNOTTI, D.A.; GREBUS, M.E.; TOTH, B.L.; MADDEN, L.V.; HOITINK, H.A.J. 1994. Oxygen respirometry to asses stability and maturity of composted municipal solid waste; j. Environ Qual 23:1177-1183.
- JIMENEZ, E. I., GARCIA, V. P. 1989. Evaluation of city refuse compost maturity: a review. Biological Wastes 27, 115-142.
- LYNCH, J.M. 1993. Substrate availability in the production of composts, in Science And Engineering of composting: Design, Environmental, Microbiological and Utilization Aspects, Hoitink, H.A.J. and Keener, H.M., Eds.; Renaissance Publications, Worthington, OH.
- MADIGAN, MICHAEL; MARTINKO, JOHN M; PARKER, JACK. 2004. "BROCK Biología de los microorganismos"; 10º edición; Pearson Educación; Madrid
- PHAE, CHAE GUN. 1990. Suppressive effect of *Bacillus subtilis* and products on phytopathogenic microorganisms; Journal of fermentation and bioengineering; vol 69; N° 1;pp 1-7.
- RECHCIGL, J. E. 1995. Soil Amendments and Environmental Quality; Agriculture and Environment Series; Chapter 7.
- REYNALDI, F.J.; De GIUSTI, M.R.; ALIPPI, A.M.; 2004. Inhibition of the growth of *Ascosphaera apis* by *Bacillus* and *Paenibacillus* strains isolated from honey; Rev. Argentina de Microbiología. 36: 52-55.
- SÁNCHEZ-MONEDERO, M. A., ROIG, A., PAREDES, C. AND BERNAL, M. P.; 2001. Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. Bioresource Technology. 78, 301-308.

- SEEKINS, B.; 1996. Field test for compost maturity. *Biocycle* 37, 72-75.
- TOGNETTI, C., MAZZARINO, M.J., LAOS, F.; 2006. Improving the quality of municipal organic waste compost, *Bioresource Technology*, 98, 5, 1067-1076.
- VARGAS-GARCÍA, M.C., SUÁREZ-ESTRELLA, F., LÓPEZ, M.J., MORENO, J. 2007. In vitro Studies on lignocellulose degradation by microbial strains isolated from composting processes, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 59, 4, 322-328.
- WOLLUM, A.; 1982. Cultural Methods for soil microorganisms. In: Page et al eds. *Methods of soil analysis. Part 2. Asa. Usa.* P 781-801.
- WU, L., MA, L.Q., MARTÍNEZ, G.A.; 2000. Comparison of methods for evaluating stability and maturity of biosolids compost; *J. Environ. Qual.* 29:pp424-429.
- ZHU, NENGWU; 2006. Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice straw. *Bioresource Technology*, 98, 1, 9-13.
- ZUCCONI, F., DE BERTOLDI, M; Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste. In *Compost: Production, Quality and Use*, Eds M. De Bertoldi, M. P. Ferranti, P. L. Hermite & F. Zucconi ,pp 73-86. London, New York: Elsevier. ISBN 1851660992