



3rd
INTERNATIONAL WORKSHOP
ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

“CLEANER PRODUCTION INITIATIVES AND CHALLENGES FOR A SUSTAINABLE WORLD”

Evaluación de un Proceso Microbiológico de Compostaje Acelerado de la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Domiciliarios

D. Di Giusto^{1a}, A. Ledesma^{1b}, J. Dutto^{1c}

1. *Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina*

a. *decano@agro.unc.edu.ar*

b. *aliciaazpilicueta@hotmail.com*

c. *jdutto@agro.unc.edu.ar*

Resumen

En esta presentación organizacional se desarrolló una biotecnología de última generación, destinada a cuidar la salud del planeta y la calidad de vida de sus habitantes. La principal solución consta de un pool de microorganismos naturales, que se combinan sinérgicamente para acelerar y mejorar el proceso de biotransformación de los residuos sólidos orgánicos de origen domiciliario. Esto genera como resultado una serie de beneficios económicos, sociales y ambientales, así como una excelente relación de costo-efectividad.

Este sistema de tratamiento de la basura tiene como finalidad minimizar la cantidad de desechos a ser dispuestos, y se considera que se puede transformar en el complemento ideal para cualquier tecnología de relleno sanitario, al acelerar los tiempos de degradación de la materia y reducir el espacio utilizado para dicho proceso.

Esta iniciativa apunta a transformar la filosofía con la cual se conciben los residuos, aprovechando el potencial que poseen, al considerarlos no como simples desechos, sino como importantes recursos renovables.

El método propuesto es un proceso microbiológico de compostaje acelerado de la fracción orgánica de los residuos sólidos domiciliarios. En condiciones controladas de aireación, temperatura y humedad, los residuos orgánicos se convierten en un abono biológico en un lapso no superior a los 20 días. La velocidad del proceso previene la aparición de vectores de enfermedades, moscas, roedores, y la aparición de malos olores asociados con la descomposición anaeróbica de los residuos. Se realiza sobre cunas de cemento para evitar el escurrimiento de líquidos, y cada vez que se termina la biotransformación de los residuos se puede utilizar la misma cuna.

El compost resultante tiene un alto contenido de nitrógenos, fósforo y potasio, lo que lo convierte en un abono de alta calidad.

Palabras-Claves: *Compost acelerado - inóculo microbiológico – residuos orgánicos.*

“CLEANER PRODUCTION INITIATIVES AND CHALLENGES FOR A SUSTAINABLE WORLD”

São Paulo – Brazil – May 18th-20nd - 2011

1. Introducción

El control del procesamiento de la Degradación de los RSD y/ o RSU compatibles a través de una metodología que consiste en un proceso microbiológico de compostaje acelerado de la fracción orgánica de los RSD. Este método está diseñado para el aprovechamiento de la totalidad de los residuos sólidos orgánicos biodegradables de origen urbano y residuos industriales asimilables (no patogénicos) como abono biodegradable que reduce la disposición final de los mismos a un 50%, entendiendo que el 50% restante es materia inorgánica.

La tecnología se basa en la aplicación de un inóculo conformado por microorganismos naturales- no modificados genéticamente y sin aditamento químico de ningún tipo- que trabajan en forma virtuosa y bajo **condiciones aeróbicas**, acelerando el proceso de descomposición de los residuos orgánicos en tiempo record. Esta condición de aerobiosis explica que los microorganismos del inóculo necesitan aire para desarrollar sus funciones. Incluso los microorganismos de tipo facultativos, es decir aquellos que pueden desarrollarse de manera aeróbica y anaeróbica, necesitan del oxígeno para trabajar de manera aeróbica que es la forma que más interesa, debido a que por la vía anaeróbica se genera como producto del metabolismo de los microorganismos ácidos orgáni

cos que son tóxicos para las plantas y si están confinados por enterramiento o en biodigestores se produce el desprendimiento de gas metano. Esta última situación conduce no sólo a la formación de compost sino que también aporta gas, que se puede utilizar como energía no convencional.

Edddn este tipo de degradación se deben controlar las condiciones de: *aireación, temperatura y humedad*, que llevan a la formación de un abono orgánico biológico en un lapso No superior a los **veinte días**.

2. Objetivos

Objetivo General

Realizar una evaluación del proceso microbiológico de compostaje acelerado de la fracción orgánica de los Residuos sólidos domiciliarios o urbanos utilizando un inóculo (pool de microorganismos) es un mecanismo de buenas prácticas ambientales y eje de innovación biotecnológica.

Objetivo Específico

Evaluar el sistema de producción compost en forma acelerada con un proceso microbiológico, a partir de microorganismos naturales con el fin de obtener el reciclado de los residuos orgánicos asimilables a urbanos.

3. Metodología de Trabajo y Control del Proceso

El tratamiento de residuos sólidos domiciliarios o urbanos orgánicos se realiza mediante la utilización de un pool de microorganismos naturales, no modificados genéticamente y seleccionados de manera adecuada.

Este proceso requiere el cumplimiento de cuatro etapas:

Primera etapa: se procede a la adaptación del inóculo al sustrato mediante **escalamientos** sucesivos. Se debe mezclar una parte del inóculo con porciones crecientes de residuos orgánicos provenientes de la recolección en etapas sucesivas, repitiendo este tratamiento varias veces con el propósito de adaptar completamente el inóculo al sustrato.

Segunda etapa: se procede con la **inoculación** de los residuos orgánicos, mezclando el inóculo ya adaptado con el material orgánico biodegradable proveniente de la recolección de residuos. Una vez mezclado, se dispone el material sobre las camas de cemento destinadas a este fin, donde permanecerá un máximo de veinte días.

Importante: la altura de las pilas del material a tratar no deben superar los 0,70 metros ya que a esta altura se garantiza plenamente **la aerobividad** del proceso, acompañado de adecuadas condiciones de humedad, temperatura y aireación. Si hay falta de oxígeno se producen olores desagradables, que en este caso no se perciben al voltear por lo menos 2 a 3 veces las pilas en el día y en un corto tiempo (dos a tres días).

Tercera etapa: se realiza un **control minucioso y un seguimiento permanente del proceso** hasta que finalice la biotransformación total de los orgánicos. Esta etapa es la más prolongada del proceso, entre 12 y 14 días, aunque por razones climáticas puede prolongarse hasta un máximo de 20 días. Se realizan controles de humedad, pH y temperatura y se producen los movimientos de volteo de acuerdo a la variación de estos factores, para favorecer la biotransformación por medio de los microorganismos del inóculo.

La humedad del material no debe exceder el 60% a fin de evitar la demora del proceso por falta de agua o de generar anaerobiosis por exceso de humedad. Si la humedad es inferior se procede al riego.

Temperatura: el intervalo de temperaturas del material de las pilas debe permanecer entre los 30° y 40°C(+/- 5°C) ya que las poblaciones de microorganismos son mesófilas. El proceso se puede retrasar, dañar o interrumpir si no se mantiene esta temperatura.

Aireación por volteo: es de suma importancia que se realicen volteos periódicos de las pilas a fin de proporcionar el oxígeno a los microorganismos para su proliferación. El volteo permite además el control de temperatura y mayor homogeneidad en la humedad de los residuos orgánicos.

Cuarta etapa: se procede **al secado, triturado y tamizado** del abono obtenido para luego almacenarlo y utilizarlo como enmienda orgánica en las plantas en general.

Descripción

En el mercado argentino se está desarrollando un método de compostaje acelerado de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos que logra la biotransformación de los residuos en un plazo muy breve (entre 12 y 14 días). El centro principal de la degradación propiamente dicha es la tercera etapa, donde se realiza un control minucioso y un seguimiento permanente del proceso.

La velocidad del proceso previene la aparición de vectores de enfermedades, moscas, roedores, y la aparición de los malos olores asociados con la descomposición

anaeróbica (sin presencia de oxígeno) de los residuos. Además, la misma velocidad de la reacción del proceso evita la generación de líquidos lixiviados.

Al realizarse sobre cunas de cemento (u otro material impermeable elegido por razones diversas), cada vez que se termina la biotransformación de los residuos, se retira el abono y vuelve a utilizarse la misma cuna de cemento con nuevo material orgánico a tratar. Este abono tiene un alto contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, imprescindible para el crecimiento de las plantas.

PRIMERA ETAPA:

La prueba se realizó dentro de un galpón facilitado por el Club de Leones de la ciudad de Avellaneda, provincia de Buenos Aires. Imagen 1.



Imagen 1. Mapa de ubicación del lugar del ensayo

El galpón tiene aproximadamente 50 metros de largo y 12 metros de ancho, con una sola entrada. El techo tenía aberturas, por lo que el material orgánico se trató debajo de un entrepiso situado en el fondo del galpón, a fin de prevenir que la lluvia, granizo o cualquier fenómeno climático afecten el desarrollo de la prueba y, por ende, la calidad del abono resultante.

De todos modos, hubo precipitaciones en solo dos ocasiones (el día 28 de octubre y el 3 de noviembre al atardecer), ninguna de las cuales ocasionó problemas, como pudiera haber sido la inundación total o parcial de la pila de orgánico en tratamiento.

Las temperaturas promedio para la zona variaron entre los 15° C de mínima y los 23° C de máxima, con picos de 30° C (3 de noviembre al mediodía).

En la Imagen 2, a continuación, se puede apreciar el lugar físico donde se realizó la prueba:

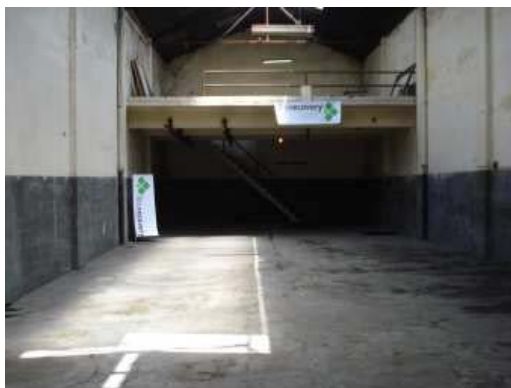


Imagen 2. Galpón en donde se realizó el ensayo

Para la realización de la prueba, se contó con residuos vegetales provenientes del decomiso de mercaderías del Mercado Central de Buenos Aires. En el origen de los residuos orgánicos de composición vegetal (frutas y hortalizas), se destacó una gran cantidad de cítricos, vegetales de hoja (lechuga, acelga y otras) y otros frutos como manzanas, como se puede apreciar en la Imagen 3.



Imagen 3. Material original de inicio del proceso

La prueba se diseñó para el tratamiento de 300 kg de residuos en una primera etapa, la que se describe a continuación:

Lunes 25 de octubre de 2010: primer escalamiento del inóculo

Se realiza una mezcla de 0,5 kg. de inóculo con 5 kg. de residuos orgánicos como se observa en la Imagen 4. Se procede a la mezcla en seco y luego se agregó agua suficiente hasta alcanzar la humedad necesaria (60 % aproximadamente) como se observa en la Imagen 5. El punto de humedad se midió mediante la utilización de técnicas agrícolas, apretando una porción del material con la mano y observando el goteo de agua.



Imagen 4: a la izquierda 0,5 kg. De inóculo y a la derecha 5 kg. De residuos orgánicos



Imagen 5: Vegetales inoculados, primer escalamiento, humectación de la muestra.

A las 16:30 hs, la temperatura interna de la pila de orgánicos era de 20° C. El pH estaba entre 6,5 y 7. A las 20:30 hs, la temperatura interna de la pila de orgánicos era de 21° C. como se muestra en la Imagen 6.



Imagen 6: medición temperatura primer escalamiento

Martes 26 de octubre de 2010: segundo escalamiento del inóculo

A las 8:00 hs, la temperatura interna de la pila de orgánicos era de 21° C. A las 11:00 hs, la temperatura era de 23° C. A las 13:00 hs, la temperatura estaba entre 28° y 29° C. Se abrió la pila para airear y controlar el ascenso de la temperatura, la cual bajó rápidamente hasta los 20° C. A las 14:00 hs, la temperatura había alcanzado los 25° C. A las 14:40 hs se realiza el segundo escalamiento, es decir, la mezcla del material orgánico inoculado el día anterior (primer escalamiento) con 50 kg de residuos orgánicos frescos. En la fotografía, se observa la diferencia de color entre la pila de orgánicos frescos y los ya inoculados el día previo. De acuerdo a lo observado en la Imagen 7.



Imagen 7: Residuos orgánicos frescos (izq) y el primer escalamiento del inóculo luego de 24 hs de procesamiento (der).

El nuevo material orgánico tenía un alto contenido de humedad debido a la gran cantidad de frutas cítricas; se prescindió del agregado de agua. El pH estaba entre 5,5 y 6. A las 18:00 hs se deja la pila de orgánicos en tratamiento a baja altura para evitar bolsones anaeróbicos y el ascenso desmedido de la temperatura.

SEGUNDA ETAPA: *Miércoles 27 de octubre de 2010: tercer y último escalamiento: Comienzo de proceso de conversión de residuos orgánicos en Microcompost.*

Día Uno

A las 11:00 hs, la temperatura interna de la pila de orgánicos era de 29° C. Se procedió al volteo y apilado del material. A las 14:30 hs, la temperatura estaba estable en 25° C. La pila tenía un exceso de agua (jugo de las frutas), por lo que se esparció en el piso a fin de que el aire evapore el agua sin el empleo de fuentes de calor ni de ventilación forzada. A las 15:30 hs, se apila nuevamente el material en proceso a fin de continuar el proceso. Nuevamente, como sucedió en el paso anterior, es notoria la diferencia de color entre las pilas inoculadas y la que va a ser inoculada, como puede apreciarse en la imagen 8 a continuación.



Imagen 8: Residuos orgánicos frescos (arriba) y el segundo escalamiento del inóculo luego de 24 hs de procesamiento (abajo)

A las 16:30 hs se realiza el tercer escalamiento, es decir, la mezcla del material orgánico que ya venía en proceso de los dos días anteriores (segundo escalamiento) con 300 kg de residuos orgánicos frescos.

El tercer escalamiento consistió en la mezcla de 30 kg del material que ya venía en proceso desde el día anterior (Segundo escalamiento) con 300 kg de residuos orgánicos, en vez de 500 kg, debido a circunstancias ajenas al proceso en sí (un feriado y dos días de asueto) que impidieron la disponibilidad de 500 kg. El tercer escalamiento, al igual que el segundo, contaba con exceso de humedad debido al jugo

de los cítricos. El pH, en distintas mediciones, osciló entre 4 y 6, aunque fue mayoritariamente inferior a 5,5.

TERCERA ETAPA: *Jueves 28 de octubre de 2010. Día Dos*

A las 10:30 hs, la temperatura interna de la pila de orgánicos era de 31° C. Se procedió al volteo del material. Durante el volteo, se verificaron zonas con temperaturas superiores a los 31° C e inferiores a los 40° C, como se puede apreciar en la Imagen 9. Por dicho motivo, se deja ventilar por unos 20 minutos antes de apilar nuevamente el material. Respecto de parámetros organolépticos, es claramente visible el cambio de color a una tonalidad mucho más oscura, y en cuanto al olor, predomina el de los cítricos. Se observa también el drenaje constante y abundante de líquidos.



Imagen 9: Las temperaturas máximas de trabajo fueron inferiores o iguales a 40° C.

Viernes 29 de octubre de 2010. Día Tres

A las 10:30 hs, la temperatura interna de la pila de orgánicos era de 30° C. A las 12:00 hs, la temperatura estaba estable en 35° C. Se procede al volteo de la pila. Como se muestra en la Imagen 10. Se observa en poco tiempo el cambio de color de la materia en proceso hacia un color marrón.



Imagen 10: La temperatura interna de la pila alcanzó los 35° C. (Izq.) Se observa el rápido cambio de color hacia tonos marrones (Der.).

Sábado 30 de octubre de 2010. Día Cuatro

A las 10:30 hs, la temperatura interna de la pila de orgánicos era de 33° C. La superficie se encuentra cubierta por una capa color ceniza, probablemente por la acción de hongos, obsérvese en la Imagen 11 (Izq.).

Por debajo de esa capa blancuzca, el color del material es marrón oscuro. Se procede al volteo y se deja esparcido el material orgánico a fin de que se evapore el exceso de agua, de acuerdo a lo que se muestra en la Imagen 11 (Der.). El pH oscilaba entre 5,5 y 6.



Imagen 11: Se observa una capa de color ceniza sobre la superficie de la pila (Izq.) Se esparce la materia orgánica en proceso para evaporar el exceso de agua (Der.)

A las 12:30 hs se procedió al apilado del material en proceso. A las 16:00 hs, la temperatura interna de la pila de orgánicos era de 23° C. A fin de elevar la temperatura interna de la pila del material en proceso y contrarrestar la baja temperatura ambiente, se cubrió la pila con bolsas de polietileno. A las 20:00 hs, la temperatura interna de la pila de orgánicos era de 23° C. Se decidió dejar la cobertura de polietileno durante la noche.

Domingo 31 de octubre de 2010. Día Cinco

A las 10:00 hs, la temperatura interna de la pila de orgánicos era de 23° C. La superficie de la pila de orgánicos en proceso era de color negruzco. Se realizó un volteo y se incorporaron los jugos escurridos durante la noche. A las 11:30 hs, la temperatura interna de la pila de orgánicos era de 30° C. A las 13:30 hs, la temperatura era de 33° C. Se procedió con el volteo y rearmado de la pila. El material en proceso presenta un color marrón bastante oscuro. Antes de volver a formar la pila, se procedió al pesado del material en proceso. La pila dio un peso total de 160,1 kg, o sea, experimentó una reducción del 55% de la masa inicial de 355,5 kg.

Lunes 1 de noviembre de 2010. Día Seis

A las 10:00 hs, la temperatura interna de la pila de orgánicos era de 30° C. La pila estaba cubierta con una capa color ceniza resultado de la acción de hongos. El interior era de color marrón más claro, y el material tenía un gran contenido de humedad. Se procedió al volteo para homogeneizar la humedad y airear el proceso. El pH osciló entre 6,5 y 7. Además, se percibe a simple vista la reducción del volumen del material, observar en la Imagen 12. A las 13:30, la temperatura estaba estable entre los 28° y los 30° C. La forma de la materia orgánica mostró un gran cambio en la textura; exceptuando las cáscaras de las naranjas y de las mandarinas, el resto de los materiales había perdido la forma original y, con el exceso de líquido presente, se había convertido en una pasta densa, como barro. Por dicho motivo, se procede a realizar un volteo y dejar esparcido el material para que se evapore parte del líquido.



Imagen 12: Se observa una marcada reducción del volumen de orgánicos, además del notable cambio de color (Izq.) El pH tendió a neutralizarse, desde el pH de 4 de días anteriores, a 6,5 y 7 (Der.)

Antes de volver a formar la pila, se procedió al pesado del material en proceso. La pila dio un peso total de 160,1 kg, o sea, experimentó una reducción del 55% de la masa inicial de 355,5 kg.

Martes 2 de noviembre de 2010. Día Siete

A las 10:40 hs, la temperatura interna de la pila de orgánicos era de 25° C. El material tiene un color negruzco, tal como se aprecia en Imagen 13. Se procedió al volteo para airear el material en proceso.



Imagen 13: El color del material orgánico es negruzco y opaco (Izq.). Observar la gran disminución del volumen de la pila (Der.).

El pH estaba entre 6,5 y 7. Se realizaron volteos al mediodía y a la tarde. Luego de cada volteo, se apilaba el material para que levante temperatura.

CUARTA ETAPA: Miércoles 3 de noviembre de 2010. Día Ocho. Finalización de la biotransformación y comienzo del secado

A las 9:00 hs, la temperatura interna de la pila de orgánicos era de 25° C. El material presentaba un color negruzco más opaco y uniforme. A las 18:00 hs, se esparce en el piso para proceder con el secado del material orgánico ya degradado (Imagen 14). El proceso de secado se debe realizar a temperatura ambiente, por debajo de los 40°C, a fin de preservar las colonias de microorganismos presentes. Asimismo, se prescindió del uso de aire forzado. Por dicho motivo, el secado llevó un total de diez días, con volteos diarios para facilitar la evaporación del agua y mantener la aireación del proceso.

Miércoles 10 de noviembre de 2010. Séptimo día de secado



Imagen 14: la temperatura no superó los 25° C (Izq), el volumen final se ve reducido (centro), esparcido en el piso para su secado (Der).

El material se encuentra casi completamente seco. Durante los días previos y posteriores, se realizan volteos diarios del material a fin de facilitar el secado del mismo.

Viernes 12 de noviembre de 2010. Noveno día de secado

El Microcompost ya está terminado, observar reducción del volumen en la Imagen 15 (Izq); resta un picado final y tamizado a fin de acondicionar la presentación. El peso final del Microcompost ya seco es de 19,700 kg, observar Imagen 15 (centro) lo cual representa el 6% aproximadamente de los residuos que se trataron.



Imagen 15: Reducción final del Volumen (Izq), Peso seco total 19,7 Kg. (centro) y color homogéneo (Der.)

4. Conclusiones

Los resultados indican como de alta relevancia: 1-el corto tiempo de degradación de los residuos orgánicos, lo que trae como beneficio la no producción de malos olores, ni la presencia de animales que se alimentan de estos residuos; 2-la gran reducción del volumen inicial (50%); 3- no se producen lixiviados ya que se realiza la degradación en camas de cemento, evitando la contaminación de los suelos y napas freáticas; 3-el producto final de reciclado debería evaluarse en una segunda instancia para ver si se puede utilizar como una enmienda orgánica para los suelos, el que debería ser objeto de análisis físico-químicos y biológicos en una segunda etapa; 4- es una tecnología socialmente apropiada(TSA) porque permite crear mano de obra en la selección de los materiales que se pueden separar en los residuos sólidos urbanos (sólidos orgánicos e inorgánicos); 5- Permite reducir los volúmenes de Residuos sólidos a disponer en un enterramiento sanitario.