

Estudio experimental en planta piloto del proceso de co-compostaje de residuos agroalimentarios

Valentina Zurcan

Ingeniero Civil

Doctorado en curso en la Sección de Ingeniería Medioambiental del CEIT¹

Facultad de Ingeniería Universidad de Montevideo

Resumen: El presente trabajo ha sido realizado en el marco de un proyecto de investigación sobre tecnologías avanzadas de tratamiento de residuos sólidos que se lleva a cabo actualmente en la Sección de Ingeniería Medioambiental del CEIT. El objetivo de dicho proyecto es estudiar comparativamente el funcionamiento de los procesos de compostaje y digestión anaerobia seca (DAS) aplicados a la co-digestión de residuos sólidos agroalimentarios. En este sentido Paralelamente, se están desarrollando los modelos matemáticos de ambos procesos que serán calibrados y validados en base a los datos experimentales. Puesto que el proyecto completo es muy amplio, en este artículo se presentarán únicamente los aspectos relativos al compostaje y a la experimentación piloto sobre este proceso.

Introducción

El compostaje aerobio es un proceso exotérmico de degradación y estabilización biológica de la materia orgánica. Operado bajo condiciones controladas, se alcanzan temperaturas termófilas que garantizan la higienización del residuo. Como consecuencia, el producto final es un humus estable denominado compost, que puede emplearse como mejorador de suelos o enmienda orgánica.

Desde hace varias décadas se han introducido, primero en Europa y luego en Estados Unidos, diversos sistemas mecánicos cuyo objetivo es optimizar el desempeño del proceso potenciando sus ventajas y acelerando su desarrollo.

Descripción del proceso

La actividad microbiológica de degradación en condiciones aerobias produce del orden de 13000 kJ por kg de oxígeno consumido. Esto provoca la variación de la temperatura del sistema y como consecuencia se distinguen tres etapas durante un ciclo de compostaje atendiendo a la temperatura

En la fase inicial la biomasa mesófila degrada rápidamente el sustrato soluble y los compuestos fácilmente biodegradables. El calor generado hace que la temperatura del sistema aumente hasta alcanzar aproximadamente los 40°C. A partir de este valor, la biomasa mesófila deje de ser competitiva y comienzan a predominar los organismos termófilos que aceleran la degradación de proteínas, grasas y carbohidratos complejos. Asimismo, a más de 55°C la mayoría de los microorganismos patógenos para seres humanos, animales y vegetales son destruidos. De todos modos, si bien estas temperaturas garantizan la higienización del residuo, no es recomendable sobrepasarlas pues se produce también la destrucción de la biomasa mesófila necesaria para las etapas posteriores del proceso. Esto provoca la variación de la temperatura del sistema y como consecuencia se distinguen tres etapas durante un ciclo de compostaje atendiendo a la temperatura.

Cuando la mayor parte de materia orgánica se ha consumido, la velocidad de degradación disminuye y como consecuencia también desciende la tasa de generación

¹ Centro de Estudios e Investigaciones Técnicas de Guipúzcoa, P.O. Box 1555, San Sebastián, España (vzurcan@ceit.es)

de calor volviendo el sistema al rango mesófilo de temperatura. Lentamente, la materia orgánica biodegradable se reduce hasta niveles mínimos estabilizándose, por lo que esta última fase se denomina maduración o curado del compost.

A pesar de la relativa simplicidad del proceso, son varios los parámetros que deben controlarse para optimizar tanto su funcionamiento como las propiedades del producto final.

Puesto que la base de los procesos de degradación biológica es el crecimiento de la biomasa a expensas del sustrato biodegradable deben establecerse las condiciones apropiadas para que el desarrollo de la actividad microbiológica sea factible..

Los microorganismos pueden utilizar las moléculas orgánicas sólo si se encuentran disueltas en agua, por lo que el contenido de humedad de la mezcla debe ser suficientemente alto como para cumplir este requerimiento. En contrapartida, se requieren espacios libres que permitan la circulación del aire por toda la masa para cumplir con la demanda de oxígeno de la biomasa. Como consecuencia, al determinar tanto la porosidad de la mezcla como el grado de humedad de la misma se debe asegurar un compromiso entre estos factores.

Por otra parte, los microorganismos utilizan el carbono como fuente de energía y para la síntesis celular y el nitrógeno es uno de los principales componentes de las proteínas, ácidos nucleicos, aminoácidos, enzimas y coenzimas. Por lo tanto, la relación entre

carbono y nitrógeno (C:N) debe ajustarse convenientemente puesto que si hay carencia de nitrógeno la población microbiana no se desarrolla en forma adecuada ralentizando la degradación mientras que de haber exceso se libera amoníaco gaseoso con la consecuente emisión de olores ofensivos.

En general, es difícil contar con un residuo que cumple con todos estos requisitos por lo que se agregan agentes estructurantes para equilibrar la mezcla. En este sentido pueden emplearse virutas de madera o restos de poda triturados, cuya biodegradabilidad es baja y por lo tanto se recuperan al final del proceso siendo reutilizados en varios ciclos.

Experimentación en planta piloto

Desde agosto de 2004 se está llevando a cabo en los laboratorios del CEIT la etapa experimental del proyecto en lo referente al proceso de compostaje.

Por otra parte, el interés en los residuos agroalimentarios se debe a que es un residuo "limpio", ya que a diferencia de la fracción orgánica de los residuos municipales no contiene plásticos, metales u otro tipo de contaminantes. Para la experimentación se ha optado por la co-digestión, es decir por tratar en forma conjunta restos vegetales e hidrolizados cárnicos, puesto que sus propiedades son complementarias y forman una mezcla adecuada tanto para el compostaje como para la digestión anaerobia seca (DAS).

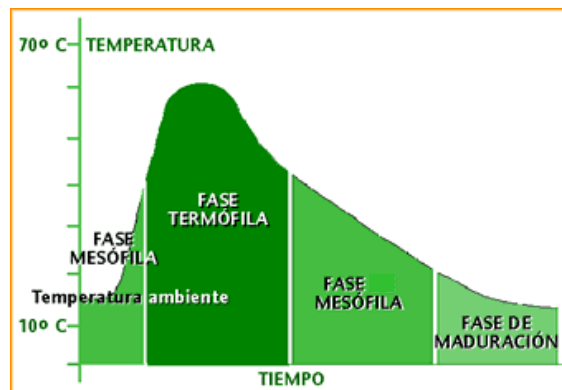


Figura 1: Evolución de la temperatura del proceso

La planta piloto (Figura 2) utilizada en la experimentación consiste en un reactor cilíndrico horizontal de 50 cm de diámetro, con un volumen útil de 300 l, distribuidos en dos módulos independientes. Este cuenta con sondas de humedad y temperatura y con sistemas electromecánicos programables de giro y extracción de gases.



Figura 2: Planta piloto de compostaje

El desempeño del sistema se ha evaluado a lo largo de varios ciclos experimentales en lo que se han modificado los intervalos de aireación y giro para controlar la temperatura del sistema. Los datos obtenidos en uno de dichos ciclos se presentan y analizan a continuación.

La mezcla de residuos utilizada (Tabla 1) contiene partes iguales de restos vegetales e hidrolizados cárnicos. También se ha añadido compost maduro con el fin de favorecer la cohesión de los distintos componentes y de aportar biomasa activa al sistema. Finalmente, la porosidad y humedad de la mezcla se ha regulado con la adición de viruta de madera como agente estructurante.

Durante el transcurso de la fase experimental, se ha realizado un intenso seguimiento analítico del sistema (Tabla 2).

	Peso (kg)	ST (%)	SV (%)	SV/ST (%)	Peso Seco (%)
Vegetales	11,8	14,9	13,0	86,9	12,5
Hidrolizados Cárnicos	1,9	94,8	69,4	73,2	12,5
Compost Maduro	6,4	55,5	26,9	48,5	25,0
Agentes Estructurantes	7,9	89,8	26,9	29,9	50,0
Total	27,8	50,6	23,8	61,2	100,0

Tabla 1: Composición de la mezcla de residuos a degradar

Análisis	Frecuencia
Temperatura ambiente, fase sólida y gaseosa del reactor	Diario
Humedad ambiente y fase gaseosa del reactor	Diario
Sólidos totales y volátiles	Diario
Composición de la fase gaseosa	Diario
pH	3 veces por semana
DQO	3 veces por semana
Alcalinidad	3 veces por semana
Conductividad	3 veces por semana
Amonio	3 veces por semana
Fraciones Elementales (C, H, N)	2 veces por semana

Tabla 2: Plan analítico del ciclo experimental

Los diversos parámetros de operación como lo intervalos de aireación y giro se han controlado a fin de evitar un excesivo aumento de la temperatura del sistema.

Resultados

Los datos obtenidos han sido graficados para estudiar la evolución del sistema durante el ciclo. Como se observa en la Figura 3, la evolución de la temperatura del sistema es coherente con las presentadas en bibliografía. Asimismo, la permanencia del sistema a una temperatura superior a 50°C por un intervalo de 10 días, garantiza la completa higienización del compost.

Por otra parte, en la Figura 4 se muestra la evolución de la humedad durante el ciclo. Las variaciones del contenido humedad de la mezcla se deben por una parte a la generación de agua en la degradación y a los fenómenos de evaporación y condensación que ocurren a consecuencia de las variaciones de temperatura. Asimismo, se puede comprobar que el contenido de humedad del producto final se encuentra entre los límites recomendados para su posterior manejo y utilización.

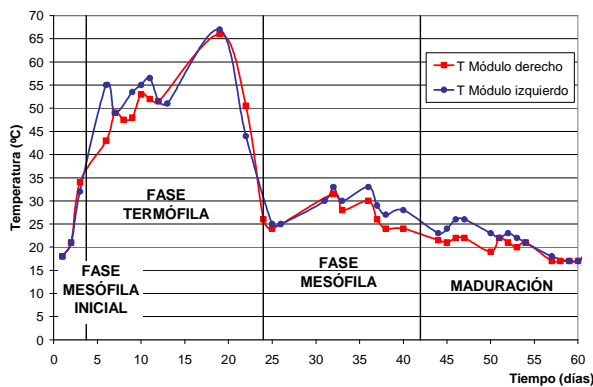


Figura 3: Evolución de la temperatura del sistema

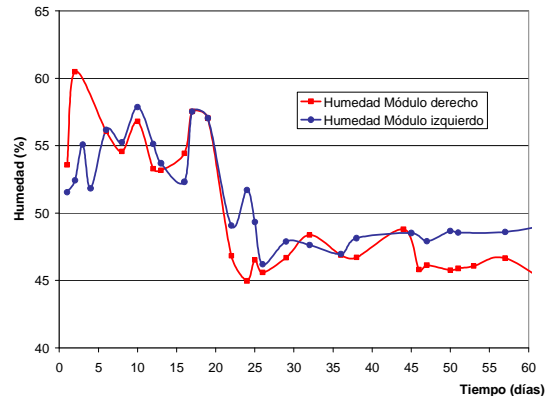


Figura 4: Evolución de la humedad del sistema

Conclusiones

La evolución del proceso ha sido satisfactoria y coherente con los datos de bibliografía, observándose claramente en los gráficos las distintas fases del proceso. Asimismo, las características físico-químicas del producto final (humedad, estructura, etc) así como su alto grado de estabilidad e higienización, lo hace adecuado para su utilización como enmienda orgánica. En suma, se puede concluir que el co-compostaje aerobio de residuos agroalimentarios es una alternativa válida de tratamiento ya que además de disminuir el volumen de los residuos genera un producto final útil, que puede disponerse directamente en el suelo sin perjuicios para este.

Los resultados obtenidos en la experimentación están siendo utilizados por un lado para la comparación de este tratamiento con la digestión anaerobia seca así como para la calibración y validación del modelo matemático de compostaje. Asimismo, se está realizando una evaluación del valor agronómico del producto final obtenido en el proceso de compostaje.

Referencias

Compost Resource Page: <http://www.oldgrowth.org/compost/compost.html>

Haug R.T. (1980). Composting Engineering. Principles and Practices. Technomic Publishig, USA.

Hougen O.A., Watson K.M., Ragatz R.A. (1980) Chemical Process Principles. Ed. John Wiley & Sons, USA.

Task Force on Biosolid Composting (1995). Biosolid Composting. Ed. Water Environment Federation, USA.

Trautmann N., Richard T. Cornell Composting, Science and Engineer. (<http://www.cfe.cornell.edu/compost.html>)

Weppen P. (2001). Process calorimetry on composting of municipal organic wastes. Biomass and Bioenergy, 21, 289-299.