



**UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR**  
DECANATO DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA  
COORDINACIÓN DE COOPERACIÓN TÉCNICA Y DESARROLLO SOCIAL

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN, CLASIFICACIÓN Y  
DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DENTRO DE LA  
UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR: PROYECTO COMPOSTAJE**

Por:

Gonzalo Tovar Raffalli

Realizado con la asesoría de:

Tutor Institucional: Ing. Rubén Darío Lugo

**INFORME DE SERVICIO COMUNITARIO**

Presentado ante la Ilustre Universidad Simón Bolívar  
como requisito parcial para optar al Título de  
Ingeniero Químico

**Sartenejas, Abril de 2009**

## 1. INTRODUCCIÓN

El reciclaje y la reutilización de desechos para producir, ya sea, materia prima, energía o recapacitar esos mismos desechos, es cada día más importante en el panorama mundial. El reciclaje no solo consiste en procesar desechos para transformarlos en materia prima para la industria; también puede ser la producción de bio-fertilizantes o bio-combustibles, entre otros. En un sentido general, se refiere al conjunto de actividades que tienen por objetivo reutilizar algunas partes o componentes de los productos que han llegado al final de su vida útil o que han dejado de cumplir la función para la cual fueron creados.

Con esta idea como motivación se inició desde el trimestre abril-julio del 2008, dentro de la comunidad de la Universidad Simón Bolívar, un programa de reciclaje para reutilizar los desechos que han sido generados en cada una de sus entidades. En el presente informe se presenta una continuación del proyecto de servicio comunitario iniciado el trimestre anterior en el cual se planteó el desarrollo de un proyecto de compostaje, un tipo de fertilizante, con el objeto de reutilizar los desechos generados por los comedores y demás sitios de venta de comida para crear un fertilizante orgánico que podría ser aprovechado en el mantenimiento de los jardines, en el vivero de la universidad ó la comercialización.

El compost es un tipo de fertilizante que consiste en materia orgánica descompuesta proveniente, en este caso, de los desechos orgánicos producidos a diario en la USB. El compost también ocurre naturalmente cuando la vegetación cae al suelo y se descompone dándole a la tierra, nutrientes y minerales. Por esta razón, un compost de calidad permitirá reducir el uso de fertilizantes químicos, disminuir costos en manejo de desechos sólidos, mejorar en general la calidad del suelo y aumentar la producción de las tierras

Actualmente, en los viveros de la USB, se produce compost de una manera convencional y demorada. Esta sigue el procedimiento denominado “por capas” en el cual se van armando capas de desecho, arena, madera, etc. Para acelerar la descomposición. Este proceso demora entre cuatro y seis meses, y requiere muchas horas de trabajo para obtener un compost adecuado.

En esta etapa del proyecto se midieron ciertas propiedades del compost producido para determinar su madurez y calidad, y determinar si era apto como fertilizante.

A continuación se presentan en este informe los objetivos y las actividades realizadas durante el desarrollo de este proyecto de servicio comunitario, junto con el alcance e impacto de los mismos.

## **2. JUSTIFICACIÓN DEL SERVICIO COMUNITARIO**

En los últimos años la población universitaria ha aumentado notablemente, y se espera que el ingreso de nuevos estudiantes de pre-grado siga creciendo con respecto a los años anteriores. Entre los impactos de este marcado crecimiento poblacional sobre la infraestructura y servicios se destaca la generación de desechos sólidos y orgánicos en el campus universitario. Ante esta situación, se presenta la necesidad de qué hacer con los desechos orgánicos provenientes de los locales de comida, los cuales manejan grandes cantidades de los mismos, presentando a su vez un potencial reutilizable que no se aprovecha hoy en día.

La solución más adecuada para deshacerse de estos desechos orgánicos, sin prescindir de los mismos, podría ser la de adopción de compostaje. Durante el trimestre de Septiembre – Diciembre de 2008 se desarrolló un método innovador de preparación de compost, en el cual todo el proceso de descomposición de la materia ocurría en un “reactor” abierto. La idea de esto fue la de acelerar la descomposición de la materia, en un ambiente controlado.

Durante el actual proyecto se desarrolló un protocolo de pruebas, sencillas y de bajo costo, para determinar la calidad y madurez del compost. Por otra parte, se tomaron ciertas conclusiones sobre el proceso seguido para producir compost desarrollado previamente y, basados en las mismas, se hacen ciertas recomendaciones.

Todo esto se hizo con el fin de que el compost generado con desechos de los comedores alcance la calidad necesaria para que pueda ser usado como fertilizante en la USB, y en un futuro, sea comercializado.

## **3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

### **3.1 Descripción de la comunidad**

La Universidad Simón Bolívar se encuentra ubicada en el Valle de Sartenejas, Municipio Baruta del estado Miranda. Esta casa de estudios está conformada por profesores, alumnos y demás empleados que se encargan de las actividades administrativas y de mantenimiento. Su población es flotante y se estima en alrededor de 5000 personas, las cuales permanecen en la universidad por lo general entre las 6:30 a.m. y las 7:30 p.m. Es necesario acotar que para el año académico 2008 – 2009 se cuenta con el ingreso de más de 2000 estudiantes de pregrado, lo que se afecta directamente el funcionamiento regular de los servicios e infraestructura de la institución. El aumento de la población universitaria presenta nuevas dificultades en relación a la logística y gestión de las diversas entidades académicas, administrativas y de servicios.

### **3.2 Antecedentes del proyecto**

Este proyecto de servicio comunitario ha sido desarrollado durante varios meses. En su primera etapa logró junto a la Dirección de Servicios de la Universidad Simón Bolívar el surgimiento de la campaña “Reduce, reutiliza, recicla” dentro del campus de Sartenejas. El objetivo principal de esta campaña es el reciclaje de papel, el cual se promueve mediante la disposición de contenedores de recolección de papel en las oficinas y otras zonas del campus. No sólo se ha promovido el reciclaje de papel en la universidad, sino también se han realizados esfuerzos para recolectar y reciclar los envases de vidrio en las zonas de consumo de alimentos.

A pesar de los esfuerzos llevados a cabo, la cantidad de desechos manejados en la universidad es notable. Por lo que la necesidad de desarrollar un plan de gestión de los mismos es persistente. Una de las vías más comúnmente utilizadas es la formación de composta a partir de dichos desechos, esencialmente de origen orgánico. El compost puede representar una forma de revalorización de los desechos de este tipo, utilizable como sustrato para suelos en la agricultura y jardinería.

En Venezuela estas prácticas son incipientes, encontrándose planes pioneros en ciertas universidades como la Universidad de los Andes o en la Universidad Central de Venezuela, en donde se han estudiado las posibilidades del aprovechamiento de los residuos para la producción de compost.

En la Universidad Simón Bolívar, Luisa Villalba desarrolló en el 2005 una tesis de maestría basada en la caracterización físico-química y biológica de un compost elaborado con desechos generados en la USB<sup>2</sup>. Esta tesis estudia la calidad del compost producido a partir de los desechos generados en la cocina de los comedores universitarios y la compara con el tipo de compost que se produce actualmente en los viveros.

Este estudio sirve de base para el desarrollo de una iniciativa de disminución de la cantidad de desechos sólidos en los comedores universitarios, los cuales son los puntos de mayor generación de desperdicios dentro del campus. La meta final es la creación de un sistema de compostaje que beneficie a la comunidad universitaria y al ambiente.

Actualmente se cuenta con tres reactores de compost a pequeña escala, de diferentes formulaciones, sobre los cuales se pueden aplicar pruebas y análisis de calidad, con el objeto de evaluar las ventajas de los desechos utilizados en vías de la producción futura de compost de alta calidad y a cantidades importantes.

## **4. DESARROLLO DEL PROYECTO**

### **4.1 Título**

Diseño de un Sistema de recolección, clasificación y disposición final de los desechos sólidos dentro de la Universidad Simón Bolívar: Proyecto compostaje.

### **4.2 Objetivo General**

Evaluación de los reactores de compost elaborados previamente y proposición de mejoras al proceso para el diseño de futuras unidades.

### **4.3 Objetivos Específicos**

1. Realizar evaluación actual de la situación y posibles proyectos que se estén llevando a cabo para trabajar en forma sinérgica.
2. Desarrollar y aplicar un protocolo experimental para la evaluación de la calidad del compost, mediante un seguimiento periódico del proceso de maduración del mismo.
3. Estudiar la posibilidad de implementar un proceso continuo y óptimo para la producción de compost de alta calidad.
4. Realizar informes pormenorizados para crear las perspectivas para los proyectos subsiguientes.

### **4.4 Actividades Realizadas**

#### **Evaluación inicial de los reactores de compost**

Se realizaron observaciones preliminares de los diferentes contenedores de desechos en proceso de descomposición. Inicialmente se llevó un seguimiento de aproximadamente 3 semanas, en el que se observaron signos claros de maduración, con la presencia de olores fuertes y ciertos insectos. En esta etapa se determinó que la temperatura de los contenidos oscilaba de 22 a 25 °C.

#### **Desarrollo de protocolo de análisis de compost**

Tomando como referencia la tesis mencionada y con el apoyo del laboratorio de Análisis de Alimentos, se establecieron los procedimientos experimentales para analizar ciertas propiedades características del compost en maduración: el porcentaje de humedad, el pH y el desprendimiento de CO<sub>2</sub>.

Se tienen tres reactores de compostaje, estos fueron preparados con desechos de los comedores de la universidad. Dos con desechos cocidos (yuca, pasta, arroz) uno tiene, además, levadura y papelón. El otro se preparó con desechos no cocinados (lechuga, cáscaras, conchas, etc.).

En general, se toman dos muestras de cada reactor, una cercana a las paredes del mismo y otra en el centro del contenido de compost, para tomar en cuenta las variaciones que pueden causar el contacto más cercano a la atmósfera y calor externo.

El protocolo propuesto consiste de la siguiente forma:

- Porcentaje de humedad (por diferencia de masa)
  - Pesar una muestra de compostaje (cerca de 10 g) y colocarla en una estufa o en un horno. La temperatura del horno debe estar entre 110 y 120 °C, para garantizar la evaporación y evitar cualquier tipo de pérdidas.
  - Luego de un día (un tiempo prudencial), pesar la muestra.
  - La masa de agua se determinará por diferencia de peso.
- pH
  - Diluir las muestras en agua destilada y medir el pH (mediante papeles indicadores, o preferiblemente con la ayuda de un pH-metro)
- Desprendimiento de CO<sub>2</sub>

Método: Determinación del CO<sub>2</sub> producido durante el proceso de respiración mediante utilización de una trampa de álcali. Metodología empleada en el laboratorio de ecología de suelos del Centro de Ecología del IVIC.

- Pesar 10 g de composts fresco (sin agregarle agua, con la finalidad de determinar el CO<sub>2</sub> producido en condiciones naturales).
- Colocarlo en un frasco.
- Suspender dentro del frasco un vial o tubo de ensayo conteniendo 20 mL de NaOH 0,1 M.
- Tapar herméticamente y dejar incubando a 25 °C durante 24 horas.
- Paralelamente se coloca un frasco sin suelo donde igualmente se coloca álcali, el cual constituirá el blanco (se hicieron dos blancos por muestra).
- Concluida la incubación recuperar el recipiente que contiene el hidróxido y el CO<sub>2</sub> liberado y capturado.

- Trasvasar a una fiola de titulación y añadir 2 mL de  $\text{Cl}_2\text{Ba}$  0,5 M a objeto de precipitar el  $\text{CO}_2$  absorbido por el álcali.
- Añadir 3-4 gotas del indicador (solución de fenolftaleína).
- Titular con HCl patrón (0,1 M) hasta el viraje del indicador (color rosa a incoloro).
- Proceder de igual manera que en los dos pasos anteriores en el caso de los blancos de la siguiente manera:

$$(V_B - V_M) \cdot 22 \cdot N_{\text{HCl}} = \text{mg CO}_2 / 10 \text{ g de suelo} / 24 \text{ horas}$$

$$(V_B - V_M) \cdot 6 \cdot N_{\text{HCl}} = \text{mg C-CO}_2 / 10 \text{ g de suelo} / 24 \text{ horas}$$

Donde:

$V_B$  = Volumen de HCl para titular el blanco.

$V_M$  = Volumen de HCl para titular la muestra.

22 = peso equivalente de  $\text{CO}_2$ .

6 = peso equivalente del C.

$N_{\text{HCl}}$  = Normalidad del ácido usado.

Este parámetro es utilizado para medir la actividad microbiológica en el compostaje, a menor actividad (los niveles deberían permanecer constantes) mayor madurez.

## Obtención de resultados de los análisis sobre muestras de compost

A continuación se presentan ciertas gráficas que muestran el seguimiento de la maduración de las muestras de compost de los reactores:

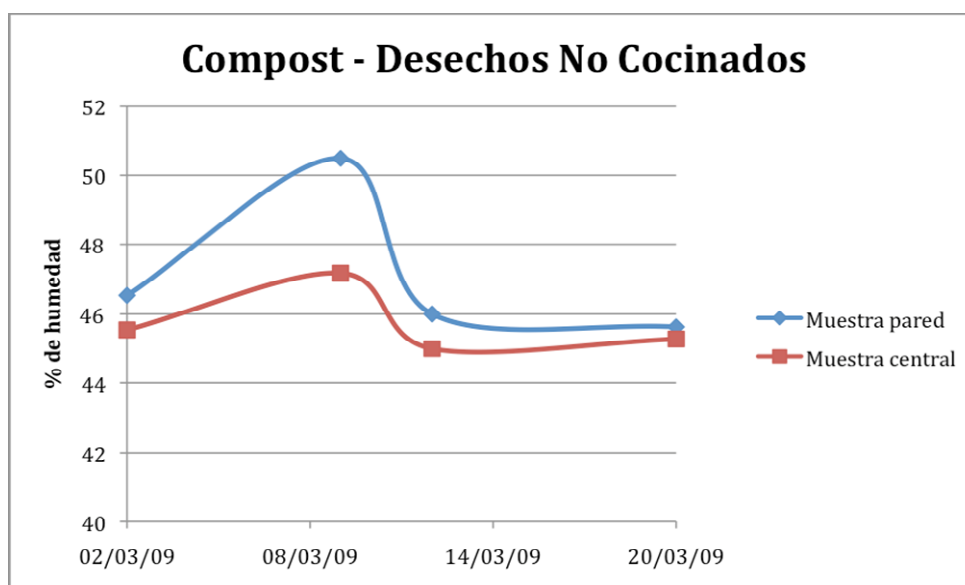


Figura 1. Porcentaje de humedad de compost a partir de desechos no cocinados

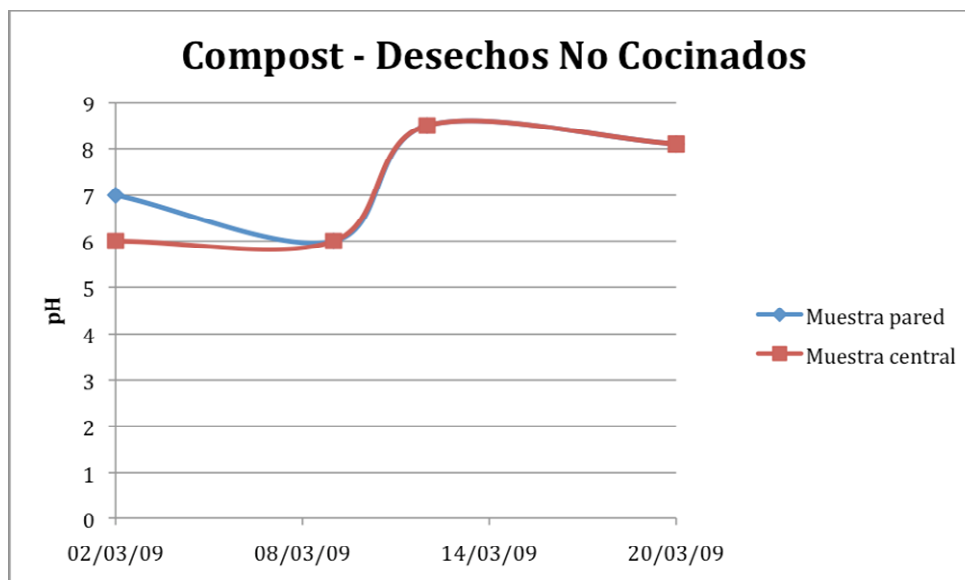


Figura 2. Valores de pH de compost a partir de desechos no cocinados

De los valores obtenidos de pH se debe comentar que para las primeras dos mediciones se utilizó el papel tornasol para obtener los valores correspondientes, obteniéndose valores ácidos, mientras que para las dos restantes se utilizó un pH-metro, instrumento más sensible, que arroja más precisión y tiene la capacidad de captar la contribución de bases débiles, obteniéndose valores de pH básicos.

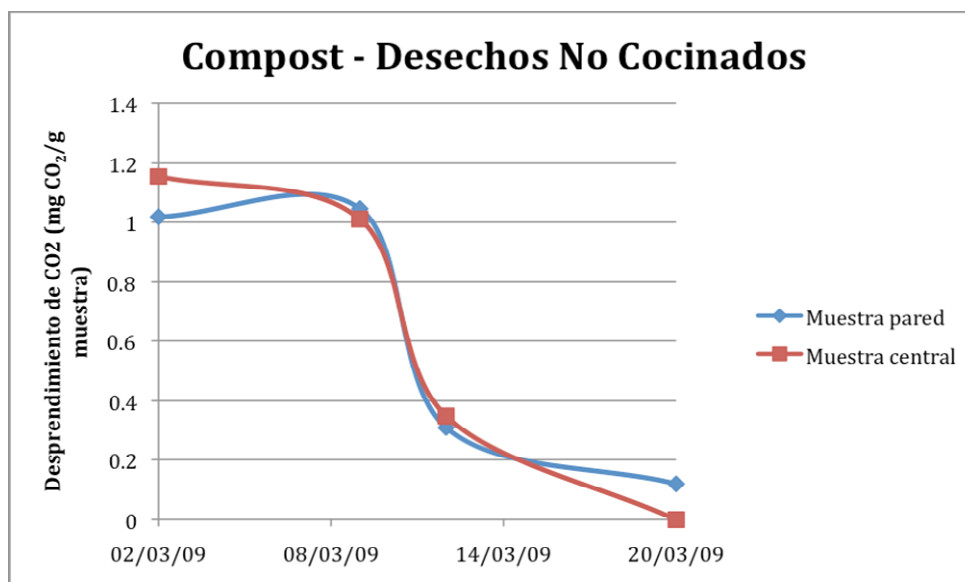


Figura 3. Desprendimiento de CO<sub>2</sub> por gramo de compost a partir de desechos no cocinados

En este caso es evidente la maduración del compost, dado que para la última prueba el desprendimiento de CO<sub>2</sub> ha disminuido a valores mínimos.

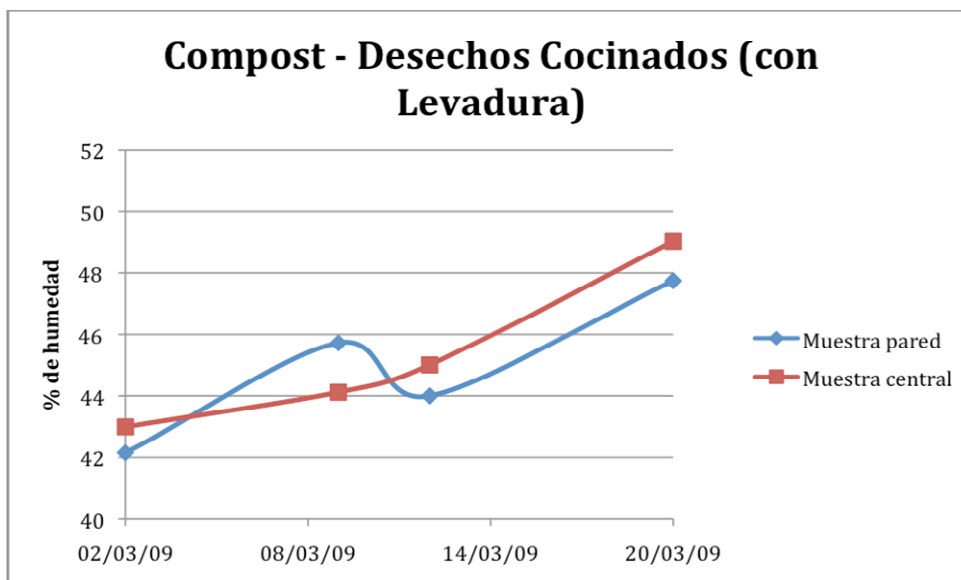


Figura 4. Porcentaje de humedad de compost a partir de desechos cocinados (con levadura)

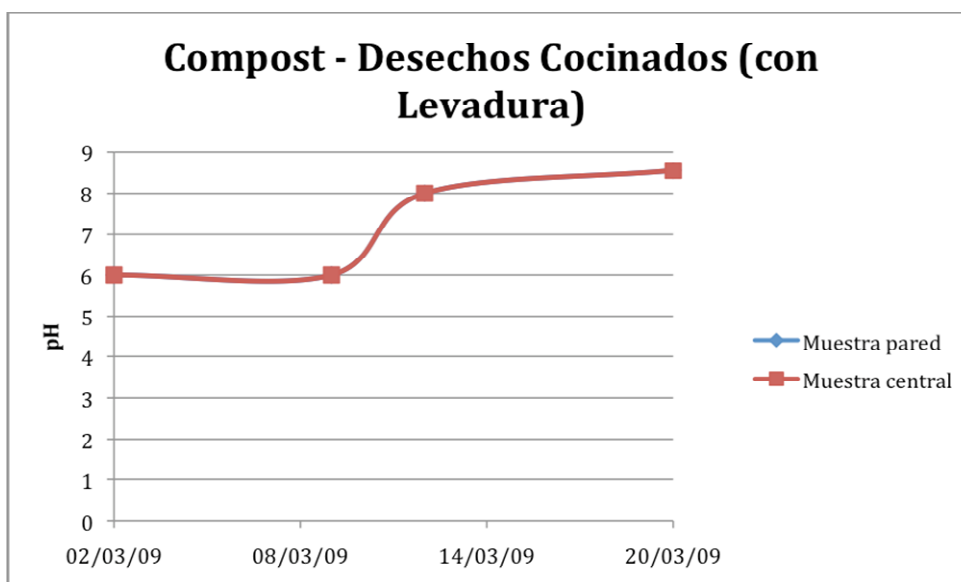


Figura 5. Valores de pH de compost a partir de desechos cocinados (con levadura)

En este caso se da la misma situación que la correspondiente a las muestras de compost a partir de desechos no cocinados; para las primeras dos mediciones se utilizó el papel tornasol para medir los valores de pH, presuntamente menos sensibles que el pH-metro, el cual arrojó igualmente valores de pH, básicos.

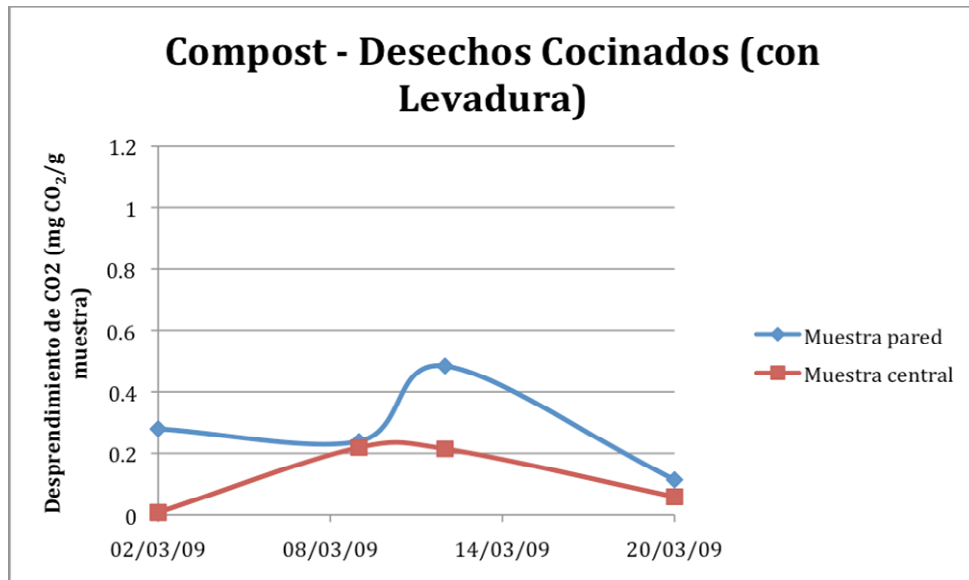


Figura 6. Desprendimiento de CO<sub>2</sub> por gramo de compost a partir de desechos cocinados (con levadura)

En el caso de las muestras de compost a partir de desechos cocinados, con la adición de levadura, se constata que se alcanza un estado de maduración casi completa. La disminución del desprendimiento de CO<sub>2</sub> es menos violenta que en el caso anterior, presuntamente porque la levadura pudo haber catalizado el proceso en las primeras de cambio, período que escapa del lapso de seguimiento de los reactores.

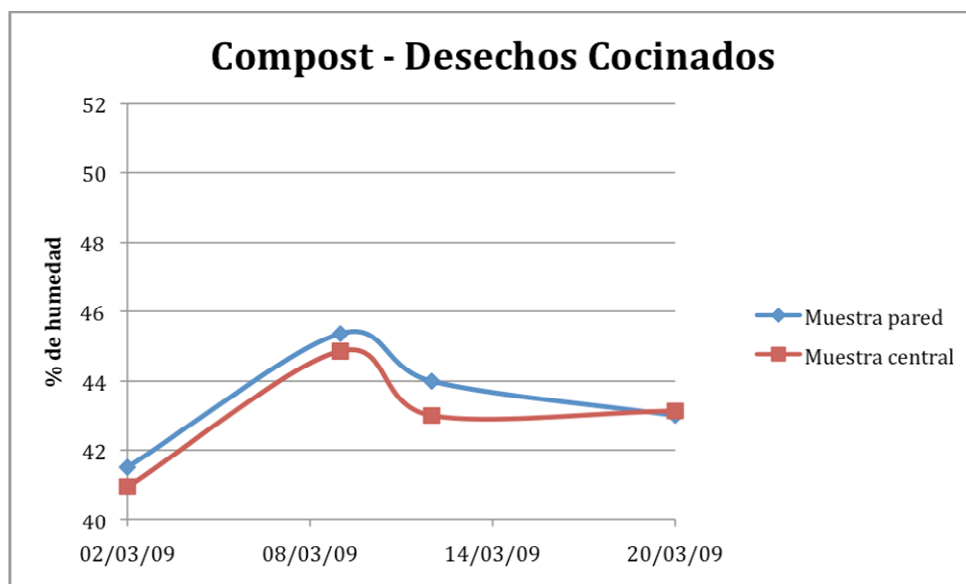


Figura 7. Porcentaje de humedad de compost a partir de desechos cocinados

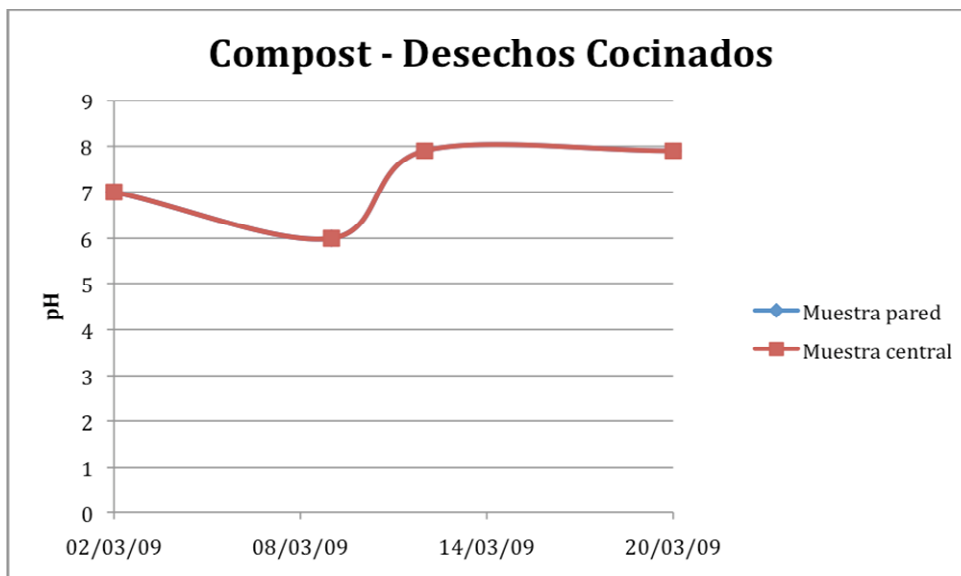


Figura 8. Valores de pH de compost a partir de desechos no cocinados

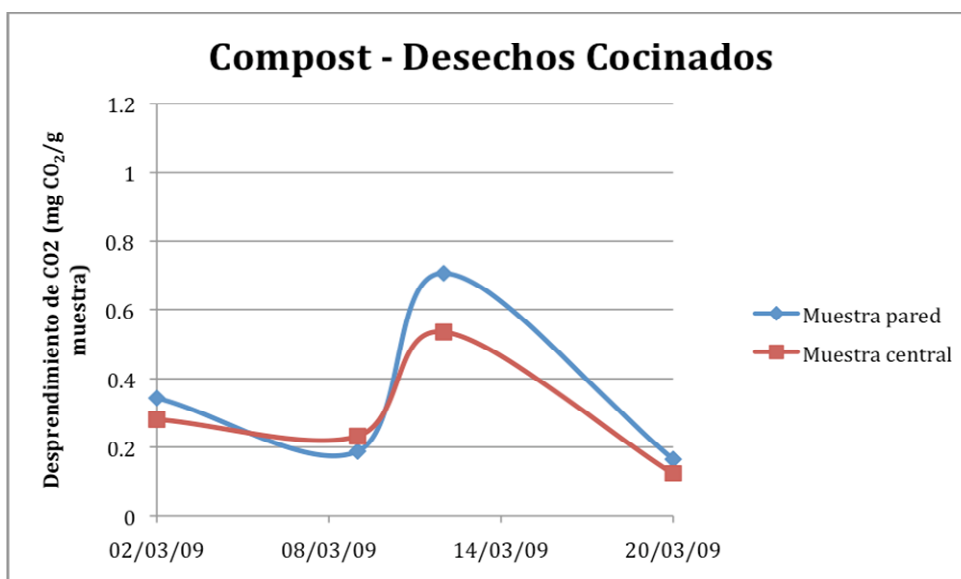


Figura 9. Desprendimiento de CO<sub>2</sub> por gramo de compost a partir de desechos no cocinados

En este caso se alcanza prácticamente el estado de maduración del compost, proceso presuntamente menos rápido que en el caso anterior. Resulta curioso que en ambos casos se presentan pico de desprendimiento de dicho gas, hecho que pudo haber sido motivado por condiciones climáticas o de agitación del contenido de los reactores.

## **5. RELACIÓN DEL PROYECTO TRABAJADO CON LA FORMACIÓN ACADÉMICA DEL ESTUDIANTE**

Durante el presente proyecto se ha aplicado una metodología acorde con la formación recibida como ingeniero químico, cuya experticia se centra en la concepción de técnicas y procesos para la evaluación y obtención de productos elaborados.

En el presente caso se ha aprendido la manera de evaluar la calidad del compost, lo que permite a su vez extraer conclusiones para buscar optimizar el proceso de producción del mismo.

Como futuro ingeniero químico, la elaboración del presente proyecto abre una ventana de intereses orientados al desarrollo de técnicas de valorización de desechos sólidos, área que comienza a desarrollarse a pasos cortos pero firmes y, que en el futuro próximo, será parte fundamental de las nuevas sociedades y de su compromiso para reducir el impacto de sus actividades cotidianas, permitiéndole sacar un provecho adicional al aplicar estas técnicas tan sencillas pero innovadoras.

## **6. COCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- El compostaje representa una manera viable y de bajo costo para revalorizar los desechos producidos por las actividades alimenticias y de jardinería, ya que su descomposición puede promoverse en reactores sencillos, produciendo abonos de alta calidad.
- El análisis del compost en proceso de maduración debe llevarse a cabo desde su preparación y durante los primeros 3 o 4 meses, con el objeto de evaluar la evolución de sus propiedades fundamentales y determinar su punto óptimo de madurez y cómo pueden afectar los agentes externos.
- La adición de levadura parece acelerar la maduración del compost, aunque se recomienda evaluar de manera más exhaustiva la evolución del pH de las muestras respectivas.
- Se recomienda evaluar la presencia de elementos tales como el azufre, carbono y fósforo, los cuales son indicadores directos de los nutrientes presentes en el compost. Para dichos análisis se pueden utilizar dispositivos de espectrometría en fase gaseosa.

- Se propone el diseño de nuevos reactores que puedan ser sujetos de controles más rigurosos. Se recomienda utilizar formulaciones semejantes y reactores que permitan un contacto más directo con el medio ambiente: utilización de bloques de compost cuyas paredes sean membranas porosas tales como mallas metálicas, incluyendo a su vez un mecanismo de agitación que puede estar conformado por una serie de aspas de activación manual periódica, lo que aseguraría una aeración homogénea de todo el bulto de compost. Esto podría inducir una maduración más rápida y una producción mayor de abono en tiempos relativamente cortos.
- Se propone redoblar esfuerzos en la concientización de la población frente a la gestión de los desechos domésticos. Dados los inconvenientes para la clasificación de los mismos por parte de las compañías recolectoras, la misma comunidad podría organizarse para contribuir a la elaboración de compost en lugares localizados y supervisados adecuadamente. Esto conformaría un proceso que podría ocasionar un círculo virtuoso de menos desechos y mayor rendimiento de los suelos para el desarrollo de jardines o cultivos comunitarios, dependiendo de las condiciones del lugar.

## **7. BIBLIOGRAFÍA**

[1] <http://es.wikipedia.org/wiki/Compostaje>

[2] Villalba Márquez, Luisa Trina y Rocha, Carlos. “Caracterización Físico-Química y Biológica de un compost elaborado con desechos generados en la USB”. Decanato de Estudios de Postgrado. Maestría en ciencias Biológicas. Universidad Simón Bolívar, 2005.