

**COMPOSTAJE EN PESCADOR, CAUCA: TECNOLOGÍA APROPIADA PARA
EL MANEJO DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y SU CONTRIBUCIÓN A LA
SOLUCIÓN DE PROBLEMAS MEDIOAMBIENTALES**



JOSE SÉLIMO MUÑOZ TROCHEZ

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE PALMIRA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ADMINISTRACIÓN
2005**



**COMPOSTAJE EN PESCADOR, CAUCA: TECNOLOGÍA APROPIADA
PARA EL MANEJO DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y SU CONTRIBUCIÓN A
LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS MEDIOAMBIENTALES**

JOSE SÉLIMO MUÑOZ TROCHEZ



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE PALMIRA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
INGENIERÍA AMBIENTAL
PALMIRA
2005**

**COMPOSTAJE EN PESCADOR, CAUCA: TECNOLOGÍA APROPIADA
PARA EL MANEJO DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y SU CONTRIBUCIÓN A
LA SOLUCIÓN LOS PROBLEMAS MEDIOAMBIENTALES**

JOSE SÉLIMO MUÑOZ TROCHEZ

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Ambiental**

Directores:

EDMUNDO BARRIOS; Ph.D.

Coordinador: Instituto de Biología y Fertilidad de Suelos Tropicales - CIAT,

MARTIN PRAGER MOSQUERA; I.A. M.Sc.

Profesor asociado Universidad Nacional



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE PALMIRA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
INGENIERÍA AMBIENTAL
PALMIRA
2005**

“La Universidad y los Jurados de tesis no son responsables de las ideas emitidas por el autor o los autores de la misma”

Artículo 24, Resolución 04 de 1974 del consejo Directivo

DEDICATORIA

A Dios: *Por darme la vida y sabiduría*
A mí Madre: *Maria Flor Trochez Delgado*
A mis Hermanos: *Rodolfo A. Muñoz T*
Gloria Stella Muñoz T
Ángel Bolívar Muñoz T
Jesús Efrén Muñoz T

José Sélimo M.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis más sinceros agradecimientos a:

Jacqueline Ashby, (Directora Instituto de Innovación Rural) por su apoyo incondicional y financiación de este trabajo.

Edmundo Barrios, Carlos Arturo Quirós y Martín Prager; directores del presente trabajo por sus valiosos aportes, el constante acompañamiento y apoyo incondicional para hacer de este proyecto una realidad.

Juan Guillermo Cobo, codirector y tutor del trabajo, por su constante apoyo y dedicación personalizada, en la ejecución de este trabajo de investigación.

A todo el equipo de trabajo del proyecto IPRA, quienes fueron partícipes emotivos (Freddy Escobar, Viviana, Nacho, Jorge, Luisa, Vicente, Elías, etc.).

A los proyectos: Uso de la tierra - GIS- Laboratorio (Víctor Soto, Alexander Cuero, Jorge Rubiano, Silvia Castaño) por su apoyo en la georeferenciación de la Subcuenca del Río Cabuyal.

Al equipo de trabajo del laboratorio de servicios analíticos (CIAT), y Química de suelos por su apoyo y dedicación para el fortalecimiento integral de los métodos y procedimientos empleados en el análisis de suelos, tejidos y agua.

A la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, a los profesores (Luz Stella Cadavid, German Rueda, Judith Rodríguez, Ana Cecilia Agudelo, Carlos E. Chalarca, Alejandro Jaramillo, y demás) por su excelente formación académica.

A los productores/agricultores de la zona de influencia de Cipasla (Pescador Cauca), quienes muy amablemente, me atendieron y brindaron la información, importante para avanzar en el trabajo.

A mis amigos y compañeros de casa, Milena, Juan Carlos, Álvaro, Carlos Adrián, Rúber, Wilfran L, Darío M, Willintong; por los momentos compartidos.

A mis grandes amigos de la "U" Andrés Cortes, Andrés Hincapié, Edwin R, Fillol A., José Luis U., Dirley Cardona, Álvaro Valenzuela, Camilo, Jaime U., Carolina Henao, Viviana Colonia, Olivia, Yaneli Sánchez, Hermanos Víctor y Luis, Carlos A. Paz, Oscar P. y los que se me olvidan en este momento que son muchos.

..... Gracias.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|------------|
| Lista de Tablas | IX |
| Lista de Figuras..... | X |
| Lista de Anexos..... | XI |
| Resumen | XI |
| Summary..... | XII |
| Capitulo I..... | 1 |
| 1. Planteamiento del problema..... | 1 |
| 1.1. El problema de los residuos sólidos | 2 |
| 2. Justificación | 4 |
| 3. Objetivos | 5 |
| 3.1. Objetivo general | 5 |
| 3.2. Objetivos especificos..... | 5 |
| Capitulo II..... | 6 |
| 4. Fundamentos teóricos..... | 6 |
| 4.1. Abonos orgánicos | 6 |
| 4.1.1. Definición..... | 6 |
| 4.1.2. Tipos de abonos orgánicos | 6 |
| 4.1.3. Usos y Beneficios. | 8 |
| 4.2. Compostaje | 9 |
| 4.2.1. Definición..... | 9 |
| 4.2.2. Por qué compostar. | 9 |
| 4.2.3. Historia contemporánea..... | 10 |
| 4.2.4. Sistemas de compostaje..... | 11 |
| 4.2.4.1. Sistemas abiertos. | 11 |
| 4.2.4.2. Sistemas cerrados | 12 |
| 4.2.5. Parámetros de control y afectación del proceso..... | 12 |
| 4.2.5.1. Naturaleza del sustrato | 13 |
| 4.2.5.2. Tamaño de las partículas | 13 |
| 4.2.5.3. Acción de los metales pesados | 14 |
| 4.2.5.4. Contenido de humedad..... | 14 |
| 4.2.5.5. Relación C / N..... | 14 |
| 4.2.5.6. Temperatura | 15 |
| 4.2.5.7. pH | 16 |
| 4.2.5.8. Aireación..... | 16 |
| 4.2.5.9. Patógenos | 17 |
| 4.2.6. Materiales estructurales en el proceso..... | 18 |

| | | |
|--------------------------|--|-----------|
| 4.2.7. | Microbiología del compostaje..... | 19 |
| 4.2.8. | Otros organismos asociados con el compost..... | 20 |
| 4.2.9. | Criterios de calidad | 21 |
| 4.2.10. | Aspectos ambientales del compost y compostaje..... | 21 |
| 4.2.10.1. | Ventajas..... | 21 |
| 4.2.10.2. | Desventajas | 23 |
| 4.2.11. | Normatividad Nacional | 23 |
| 4.2.12. | Descripción de algunas experiencias importantes sobre compostaje | 24 |
| 4.2.12.1. | Compostaje de los biosólidos provenientes del reactor UASB de la estación de investigación en tratamiento de aguas residuales, Acuavalle s.a. e.s.p, Municipio de Ginebra..... | 24 |
| 4.2.12.2. | Evaluación de técnicas de compostaje para el manejo de residuos industriales de palma de aceite..... | 26 |
| 4.2.12.3. | Manejo de desechos sólidos mediante compostaje en Córdoba (Quindío)..... | 27 |
| 4.2.12.4. | Alternativas de sustratos hortícolas obtenidos mediante compostaje de mezclas de cachaza con residuos orgánicos | 28 |
| 4.2.12.5. | Compostaje de basuras como fuente de fertilización orgánica comparado con fertilizante químico | 29 |
| 4.3. | Conclusión..... | 31 |
| Capítulo III..... | | 32 |
| 5. | Metodología | 32 |
| 5.1. | Fase 1: Conceptualización | 33 |
| 5.2. | Fase 2: Contextualización | 33 |
| 5.2.1. | Localización de la zona de estudio | 33 |
| 5.2.2. | Identificación de la población objetivo..... | 33 |
| 5.2.3. | Conocimiento local..... | 34 |
| 5.2.4. | Aplicación de las encuestas | 34 |
| 5.2.5. | Georeferenciación de los productores encuestados..... | 35 |
| 5.2.6. | Seguimiento de estudios de caso | 35 |
| 5.2.6.1. | Conocimiento local..... | 35 |
| 5.2.6.2. | Muestreo de los compost para su análisis químico..... | 38 |
| 5.3. | Fase 3: Análisis de Información..... | 38 |
| 6. | Resultados y discusión | 39 |
| 6.1. | Productores que usan compostaje..... | 39 |
| 6.1.1. | Cuantificación de residuos | 39 |
| 6.1.2. | Épocas de producción de los residuos..... | 42 |
| 6.1.3. | Destino de los residuos..... | 43 |
| 6.1.4. | Residuos y sustratos más comunes utilizados en el compostaje por parte de los productores encuestados | 45 |
| 6.1.5. | Composición de una pila de compostaje | 46 |
| 6.1.6. | Uso y dosis del compost en los diferentes cultivos..... | 47 |
| 6.1.7. | Criterios para evaluar la madurez y estabilidad del compost..... | 50 |
| 6.1.8. | Ventajas / desventajas del uso del compost para los productores..... | 51 |
| 6.1.9. | Costos de inversión por los productores encuestados..... | 52 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 6.1.10. | Mezcla, composición y costos de producción para una pila de compost idónea..... | 54 |
| 6.2. | Productores que no usan compostaje..... | 55 |
| 6.2.1. | Cuantificación de residuos..... | 55 |
| 6.2.2. | Promedios de producción..... | 56 |
| 6.2.3. | Razones para no usar compostaje..... | 57 |
| 6.3. | Seguimiento estudios de caso..... | 58 |
| 6.3.1. | Caracterización de los 3 compost..... | 59 |
| 6.3.2. | Resultados del análisis químico de los composts..... | 60 |
| 6.3.2.1. | Contenido de carbono..... | 60 |
| 6.3.2.2. | Contenidos de N-P-K..... | 61 |
| 6.3.2.3. | Contenidos de Ca y Mg..... | 62 |
| 6.3.2.4. | Relaciones C:N y C:P..... | 63 |
| 6.3.2.5. | Resultados de análisis químico vs., normatividad..... | 64 |
| 6.3.2.6. | Conclusiones..... | 64 |
| | Conclusiones generales..... | 66 |
| | Recomendaciones..... | 69 |
| | Bibliografía..... | 71 |
| | Anexos..... | 80 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Diferentes tipos de abonos orgánicos según la fuente de aporte de nutrientes y el grado de procesamiento..... | 7 |
| Tabla 2. Condiciones ideales para el compostaje | 17 |
| Tabla 3. Relación de microorganismos, temperatura y tiempo de exposición necesarios para la destrucción de algunos patógenos y parásitos comunes durante el compostaje | 18 |
| Tabla 4. Características de un compost comercialmente aceptable | 21 |
| Tabla 5. Límites permisibles de parámetros físico-químicos y microbiológicos del compost para ser utilizado como acondicionador del suelo | 24 |
| Tabla 6: Estructura y composición de los diferentes tratamientos..... | 25 |
| Tabla 7: Balance de masa del proceso de compostaje | 26 |
| Tabla 8: Tratamientos de mezclas de cachaza con carbonilla, bagacillo, trocitos de madera y bagazo. | 29 |
| Tabla 9. Producción agrícola en el Municipio de Caldono..... | 41 |
| Tabla 10: Destino de los residuos orgánicos producidos en sus fincas, según los productores (Los productores en el momento de la encuesta dieron mas de una respuesta, lo cual determina que el cien por ciento de la información es el total de respuestas dadas..... | 44 |
| Tabla 11. Número de productores que usan el residuo en la proporción indicada (Todos los porcentajes dados, son proporciones en peso del total de la mezcla) | 47 |
| Tabla 12: Usos del compost por los productores encuestados | 49 |
| Tabla 13: Criterios usados por los productores encuestados para determinar si el compost esta listo para su uso en los sistemas de producción..... | 51 |
| Tabla 14: Ventajas y desventajas del uso del compost de acuerdo a los resultados obtenidos mediante la aplicación en sus cultivos | 51 |
| Tabla 15: Costos de inversión en residuos comunes entre los encuestados ... | 53 |
| Tabla 16. Costos de producción para una pila de compost idónea | 54 |
| Tabla 17: Cantidad y composición de residuos y sustratos usados por los tres productores..... | 59 |
| Tabla 18: Composición de nutrientes de los compost analizados | 62 |
| Tabla 19. Información Nutricional de los compost analizados Vs. Limite Norma para un compost maduro | 64 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Disposición final de Residuos sólidos en los 1086 Municipios de Colombia..... | 3 |
| Figura 2. Proceso y evolución del compostaje | 13 |
| Figura 3: Esquema metodológico..... | 32 |
| Figura 4. Mapa de la subcuenca del Río Cabuyal (ubicación productores encuestados - zona de estudio)..... | 37 |
| Figura 5: Porcentaje del total de fincas o agroempresas que producen algún tipo de residuo orgánico..... | 40 |
| Figura 6: Cantidades de residuos generados anualmente por los productores encuestados | 41 |
| Figura 7: Frecuencias de producción de los residuos generados en la zona en porcentajes del total de productores encuestados..... | 43 |
| Figura 8: Porcentaje de productores que usan un determinado tipo de residuo o sustrato en sus pilas de compostaje | 46 |
| Figura 9: Cultivos de preferencia para la aplicación de compost | 48 |
| Figura 10: Porcentaje de fincas o agroempresas que producen algún tipo de residuo orgánico pero que no lo usan para compostaje. | 56 |
| Figura 11: Promedios de producción y cantidades máximas y mínimas de residuos generados por los productores que no usan compostaje.... | 57 |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|--|----|
| Anexo A. Identificación y ubicación de la población objeto del estudio | 81 |
| Anexo B. Encuesta sobre cuantificación de residuos para los productores/agricultores ubicados dentro del área de influencia de CIPASLA, Corregimiento De Pescador, Caldono Cauca. | 82 |
| Anexo C: Encuesta “caracterización de experiencias en compostaje” para los productores/agricultores, ubicados dentro del área de influencia de CIPASLA, Corregimiento De Pescador, Caldono Cauca. | 84 |
| Anexo D: Seguimiento fotográfico a tres productores que practican el compostaje | 86 |
| Anexo E. Épocas del año en que se generan los residuos | 89 |
| Anexo F. Ventajas para utilizar el compost | 90 |
| Anexo G. Costos estimados de los residuos en compostaje* | 91 |

RESUMEN

Se realizó este proyecto en el corregimiento de Pescador, Municipio de Caldon, departamento del Cauca, Colombia, con el objetivo hacer una revisión crítica de la literatura sobre la tecnología del compostaje y caracterizar las experiencias de compostaje que actualmente se elaboran en Pescador. Se identificaron productores y agroindustrias rurales que llevan a cabo prácticas de compostaje y que generan subproductos en sus procesos productivos; se aplicaron dos encuestas para cumplir el objetivo y se realizó el seguimiento del procedimiento aplicado por tres agricultores para el montaje de sus pilas de compostaje. Se tomaron tres muestras compuestas (inicio del proceso) de cada pila de compostaje, para su análisis químico.

Los resultados se refieren a la cuantificación de los residuos generados en cada uno de los sistemas de producción, las épocas de generación, el destino, usos y la identificación de las proporciones de residuos y sustratos más comunes en un sistema de compostaje al igual que los costos de producción. Los residuos orgánicos son valorados por los productores en la producción de abonos orgánicos como alternativa para reemplazar los abonos de síntesis química logrando óptimos resultados.

Los residuos más comunes y los que más se producen en la zona de influencia de CIPASLA, se generan en los sistemas de producción de mayor adaptación (café, frijol, maíz, yuca, plátano, etc.); El compost producido por los productores es usado mayormente en cultivos de café, frijol, plátano y maíz (10% a 23% de los productores encuestados). La cascarilla de yuca, aporta variedad de microorganismos y nutrientes etc, al compostaje, viéndose reflejado en el menor tiempo de estabilización (20 – 30 días) y al contenido de nitrógeno (1.22 y 1.41%). En el análisis químico de los compost se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) para los contenidos de carbono y magnesio del productor RM y diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) para los contenidos de nitrógeno, fósforo y calcio de los tres compost. Con el uso del compost como fertilizante orgánico se contribuye a aumentar el rendimiento en la producción y a mejorar la calidad ambiental.

Palabras claves: Compost, compostaje, microorganismos, abonos orgánicos, residuos orgánicos, calidad ambiental

SUMMARY

This project was carried out in the district of Pescadores, municipality of Caldono, department of Cauca, Colombia with the purpose of performing a critical review of the compost technology literature that is currently being produced in Pescadores. Manufacturers and rural agro-enterprises have been identified carrying out compost practices and generating sub-products within their productive processes.

Two surveys were applied and tracking of the procedure for setting up their compost batteries was performed by three farmers. Three compound samples were taken from each compost battery at the initial stage of the process for their chemical analysis. Both results as well as distribution costs refer to the quantity of residues generated at each one of the production steps, periods of generation, use and identification of the most common residues and substrates proportions in a compost system. Organic residues are assessed by manufacturers of organic fertilizers production as an alternative to replace chemical synthesis fertilizers with the best results.

The most common and manufactured residues in the influence zone of CIPASLA are generated from the most adaptive production systems (coffee, beans, corn, cassava, plantains, etc.). The manufactured compost is mainly used for coffee, beans, plantains, and corn crops (among 10% to 23% of the surveyed manufacturers). Cassava skin contributes with micro-organisms variety and nourishing elements, etc. to the composting which reflects on a lower stabilization time (20 – 30 days) and to nitrogen contents (1.22 and 1.41%). In the compost chemical analysis, significant differences (<0.05) were observed for both carbon and manganese contents of the RM producer and highly significant differences ($p<0.001$) for nitrogen, phosphorus and calcium contents of the three composts. Using compost as an organic fertilizer contributes to increasing production performance and improving the environmental quality.

Key words: compost, composting, micro-organisms, organic fertilizer, organic residues, environmental quality.

CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Por muchos años los desechos de las actividades humanas, representados en los diferentes sistemas productivos, han atentado contra la vida, debido al inmenso volumen con que se producen y a la gran carga contaminante que generan. La producción de residuos va en constante aumento en función del crecimiento demográfico y el problema entonces cada día es mayor. Para controlar y/o mitigar el aumento de residuos es necesario tomar medidas urgentes y así evitar su impacto degradante (Bruzon, 1996). Entre las medidas tomadas para dar soluciones a este problema está la búsqueda de nuevas alternativas de manejo de residuos. Según Soto (2003), una de las opciones de manejo que más se debe utilizar en el ámbito nacional e internacional es la tecnología del compostaje. Esta práctica permite disponer los residuos de origen orgánico que normalmente son arrojados en botaderos para producir un sustrato fertilizante denominado compost y así mejorar la calidad de los suelos. El compost permite restablecer la vida del suelo favoreciendo el crecimiento microbiano a través de una mayor oxigenación y dar una mayor estabilidad al sistema suelo (Labrador, 2001; Soto, 2003).

En la zona rural se genera la mayor cantidad de residuos orgánicos, generalmente producto de actividades agropecuarias. Es en esta zona donde se debe utilizar esta práctica de manejo a nivel de finca. Según Zambrano (1994) la agroindustria es la actividad productiva que genera más materiales orgánicos para su utilización en composteras a mediana y gran escala. Entre estos materiales se destacan la pulpa de café, los residuos de la caña de azúcar, el pinzote de banano, la gallinaza y la cascarilla de yuca, entre otros. Aprovechar estos residuos en una tecnología como el compostaje significa

utilizar probablemente la mejor alternativa para mitigar el impacto ocasionado por la mala disposición.

1.1. EL PROBLEMA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Los residuos sólidos son recursos naturales desaprovechados, resultado de las diferentes actividades antropogénicas (producción y consumo) (del Val, 1997). Sin embargo, Collazos y Duque (1998) mencionan que no solamente estos residuos son generados por la actividad del hombre sino también por los animales y la naturaleza, los cuales son dispuestos en el suelo, el agua y el aire. Según Costa et al. (1991), estos residuos, en el contexto en el que se producen, no han alcanzado aún algún valor económico por la falta de una tecnología adecuada para su aprovechamiento o la inexistencia de un mercado para los productos recuperados.

El hombre siempre ha producido residuos. Sin embargo, anteriormente el problema ambiental de los residuos no era tan notable ya que el número de habitantes era relativamente bajo. Como consecuencia del nivel de desarrollo que incentiva al consumismo, el volumen de las basuras ha crecido de forma exagerada, con lo cual la naturaleza está perdiendo la capacidad de autodepuración. Además, se ha incrementado su toxicidad convirtiéndose en un gravísimo problema por el cambio en la calidad y/o composición de los residuos (antes densos y casi orgánicos; después voluminosos y parcialmente no biodegradables) (Cantanhede, 1997; Collazos y Duque, 1998 y Opazo, 1991). La presencia de los residuos afecta generalmente a todas las actividades del hombre y la naturaleza, convirtiéndose en dificultad también por la creciente incapacidad para encontrar lugares que permitan disponerlos adecuadamente desde un punto de vista ambiental (del Val, 1997). Si no se disponen adecuadamente los residuos del planeta en que vivimos, la dificultad se acrecentará ya que la tendencia de aumento en la producción de basura es directamente proporcional al crecimiento poblacional (Collazos y Duque, 1998). Estos y otros factores sobre la disposición de los residuos no solo presentan

molestias de salubridad y estética sino también dificultades de orden económico y social manifestados en el uso irracional y la sobreexplotación de los recursos naturales (Opazo, 1991).

Desde los años 70 se comenzaron a evidenciar los impactos negativos que producen los residuos sólidos sobre el hombre y el medio ambiente. En Colombia, la problemática de los residuos sólidos es grande, porque la disposición final se realiza con poco control en la mayoría de los municipios, ocasionando contaminación ambiental (Puerta, s.f.). La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios presentó un estudio en el 2002 sobre la disposición final de los residuos sólidos en los 1086 municipios de Colombia (Ver la figura1) el cual representa las formas de disposición de los residuos sólidos en el país y los porcentajes para cada una, incluyendo el compostaje como alternativa usada con bajo promedio de uso.

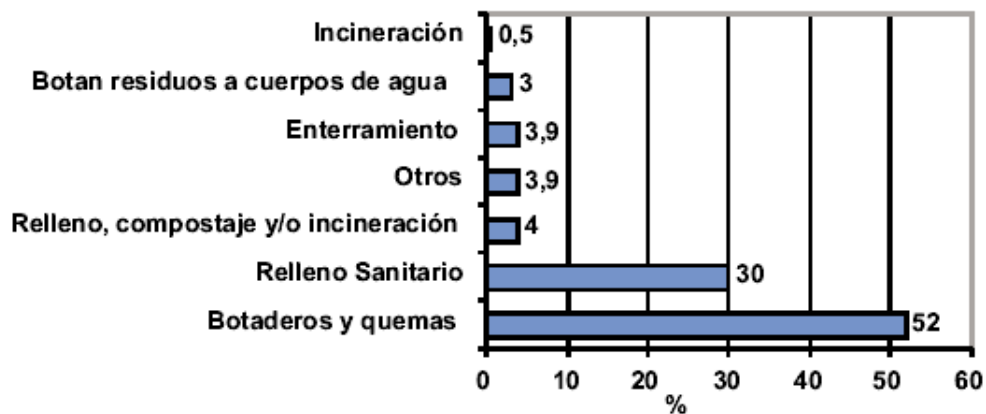


Figura 1. Disposición final de Residuos sólidos en los 1086 Municipios de Colombia.
Fuente: (Revista Lasallista de Investigación - Vol. 1 – No 1)

2. JUSTIFICACIÓN

En Colombia existen una gran variedad y cantidad de residuos orgánicos que por no ser aprovechados para su re-utilización se convierten en contaminantes para los suelos, las fuentes de agua y el aire. El crecimiento acelerado de la población, así como de la agricultura y la ganadería, ha conducido a la producción y acumulación de crecientes cantidades de desechos y subproductos orgánicos. La recogida y eliminación de estos materiales en condiciones controladas son de vital importancia, no solo por consideraciones de tipo ecológico, sino también para aprovechar los recursos subutilizados.

En la zona de influencia de CIPASLA¹, Pescador (Cauca), se genera una gran variedad de residuos provenientes de las actividades agrícolas y pecuarias. Estos residuos en ocasiones son compostados y luego reintegrados a los sistemas de producción; sin embargo, gran cantidad de residuos no son aprovechados eficientemente. Debido a las grandes cantidades de residuos generados en los diferentes procesos de producción en la zona, nace la idea de hacer este trabajo con la finalidad de sintetizar informaciones acerca de la tecnología del compostaje, y al mismo tiempo, generar una base de datos que pueda ser adaptada y utilizada como herramienta en investigaciones futuras.

¹ Consorcio interinstitucional para una agricultura sostenible en ladera

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Hacer una revisión crítica de la literatura que permita reconocer los diferentes sistemas de compostaje, y los detalles técnicos para su preparación y uso; teniendo en cuenta su importancia para la recuperación de suelos. Adicionalmente, caracterizar las experiencias de compostaje que actualmente se elaboran en la zona de influencia de CIPASLA en Pescador y la disponibilidad de materiales para realizar esta práctica.

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Hacer una revisión de literatura para una adecuada conceptualización de la tecnología del compostaje.
- Identificar y cuantificar los residuos orgánicos en la zona, con potencial de ser usados en procesos de compostaje, así como la disposición de los propietarios de las agroindustrias rurales y la comunidad hacia estos procesos.
- Realizar un sondeo en el área de influencia de CIPASLA que permita identificar y conocer el manejo de los residuos sólidos orgánicos por parte de algunas agroindustrias rurales, grupos de trabajo y agricultores en sus procesos productivos.

CAPITULO II

4. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

4.1. ABONOS ORGÁNICOS

4.1.1. Definición

Los abonos orgánicos son sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto, que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, químicas y biológicas. Los abonos orgánicos pueden ser residuos de cultivos dejados en el campo después de la cosecha; cultivos para abonos verdes (principalmente leguminosas fijadoras de nitrógeno); restos orgánicos de la explotación agropecuaria (estiércol, purín); restos orgánicos del procesamiento de productos agrícolas; desechos domésticos (basuras de vivienda, excretas); compost preparado con las mezclas de los compuestos antes mencionados; etc. (Bruzon, 1996 y Téllez, s.f.).

4.1.2. Tipos de abonos orgánicos

Los abonos orgánicos pueden categorizarse según su fuente principal de nutrientes, los cuales se liberan gracias a la actividad microbiana. Los abonos orgánicos a su vez se subdividen en abonos orgánicos procesados (materia orgánica estabilizada) y no procesados (aplicación directa sin previa descomposición) (Tabla 1).

Tabla 1. Diferentes tipos de abonos orgánicos según la fuente de aporte de nutrientes y el grado de procesamiento.

| Fuente de nutrientes | Grado de procesamiento | Sólidos | Líquido |
|----------------------|------------------------|--|---|
| Materia orgánica | Sin procesar | Desechos vegetales: Pulpa de café, de naranja, etc. Desechos animales: gallinaza, estiércol fresco. Coberturas/abonos verdes: <i>Arachis</i> sp., <i>Mucuna</i> sp. | Efluentes: de pulpa de café, etc |
| | Procesados | Compost Lombricompost Bocashi Ácidos Húmicos | Biofermentos Té de compost Ácidos Húmicos Té de estiércol Extractos de algas |
| Microorganismos | | Biofertilizantes: Inoculante en turba de <i>Rhizobium</i> para leguminosas, micorrizas, <i>Bacillus subtilis</i> . | Biofertilizantes líquidos: ME ² o microorganismos benéficos, etc. |

Fuente: Soto, (2003)

Las fuentes se pueden clasificar según su origen en aquellos provenientes de la actividad agropecuaria, ya sean de tipo animal o vegetal. Entre estas se tienen:

- Los estiércoles³ de animales (bovinaza, gallinaza, porcínaza, equinaza, etc.), los cuales almacenan buena cantidad de micro y macro nutrientes (N, P, K. y otros.) (Kiehl, 1995 citado por Gómez, 2000). Labrador (2001) agrega que estos están formados por compuestos hidrocarbonados, nitrogenados y una gran población microbiana.
- Los residuos de cultivos (pulpa de café, vainas de frijol, hojas y ramas de leguminosas y otros), los cuales se encuentran disponibles en las fincas y son también una importante fuente de nutrientes (Bongcam, 2003).

² Microorganismos eficientes (combinación de organismos benéficos de tres géneros principales: bacterias fototrópicas, levadura y bacterias del ácido láctico, que, en primera instancia, demostraron su eficacia en la recuperación de suelos. Desarrollados por Teruo Higa, de la universidad de Ryukyus, en Okinawa, Japón (Castellanos, 2005 y Kiely, 1999).

³ Estiércol: mezcla de la cama de los animales y sus deyecciones –sólidas y/o líquidas - que ha sufrido fermentaciones mas o menos avanzadas en el establo y después en el estercolero (Gross, 1981, citado por Labrador, 2001).

- Los desechos provenientes de labores de selección y clasificación de frutas y hortalizas.
- Los desechos de la agroindustria (cachaza, vinaza, cascarilla de arroz, cascarilla de yuca, bagazo de caña de azúcar, etc.) los cuales son fuentes importantes que mejoran las características físicas del suelo y de los mismos abonos orgánicos facilitando la aireación y la retención de humedad (Bongcam, 2003).
- Otras fuentes según lo afirmado por Luque (1997) son los residuos que se producen por tratamientos de aguas residuales (lodos) y los desechos o basuras generados por la actividad humana en los centros urbanos.

4.1.3. Usos y Beneficios.

Los abonos orgánicos mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Los efectos de los abonos orgánicos sobre las propiedades físicas van dirigidos hacia dos objetivos concretos: el mejoramiento de la estabilidad estructural y la regulación del balance hídrico del suelo. En las propiedades químicas, los abonos orgánicos aumentan el poder tampón del suelo, y en consecuencia reducen las oscilaciones de pH de éste. Estos aumentan también la capacidad de intercambio catiónico del suelo, con lo que se aumenta la fertilidad. En las propiedades biológicas, los abonos orgánicos favorecen la aireación y oxigenación del suelo, por lo que hay mayor actividad radicular y mayor actividad de los microorganismos aerobios. Así, se constituyen en una fuente de energía para los microorganismos, los cuales se multiplican más rápidamente (García y Monje, 1995; Kolmans y Vásquez, 1996).

Los residuos orgánicos que se aplican al suelo como abonos orgánicos, estén estos transformados o no, favorecen la fertilidad integral del suelo. Esos productos liberan hacia la solución del suelo, los nutrientes en una forma lenta, lo cual eleva notoriamente su eficiencia de aplicación en comparación con los fertilizantes

solubles de síntesis, inapropiadamente llamados fertilizantes químicos (Gómez et al., 1994). La materia orgánica es uno de los principales factores que contribuyen a la fertilidad y productividad de los suelos, ya que su influencia determina grandemente la mayoría de los procesos biológicos, químicos y físicos que rigen el sistema suelo-planta (Cegarra, 1994).

4.2. COMPOSTAJE

4.2.1. Definición

El compostaje se define como la descomposición biológica de los constituyentes orgánicos de los materiales de desecho que se produce en condiciones controladas en el que intervienen numerosos y variados microorganismos que requieren de una humedad adecuada y substratos orgánicos heterogéneos en estado sólido (Costa et al., 1991). El proceso transcurre a través de dos fases: mesófila y termófila; esta última, según Tchobanoglous (1994), favorece la eliminación de organismos patógenos y también facilita las condiciones para degradar ciertos componentes peligrosos. Según Cegarra (1994), las fases mencionadas conducen a la producción temporal de fitotoxinas, y a la producción de dióxido de carbono, agua, productos minerales y materia orgánica estabilizada. El compost es el remanente que contiene la materia orgánica estabilizada y los minerales. Para obtener un compost que se pueda usar en la agricultura los sólidos orgánicos húmedos son oxidados a formas biológicamente estables como el humus (Cegarra, 1994). Las aplicaciones más habituales del compostaje son en el tratamiento de residuos de la agricultura, residuos de jardín y cocina, residuos sólidos municipales y fangos de depuradoras (Tchobanoglous et al., 1994).

4.2.2. Por qué compostar.

Es necesario compostar porque se evita la acumulación de residuos y al mismo tiempo se aprovechan en gran medida los residuos generados en los diferentes

sistemas de producción, evitando así una pérdida importante de energía dentro del ecosistema. Al darle un buen manejo a los residuos mediante el compostaje, se tratan los residuos de una forma económicamente viable, socialmente aceptable y ambientalmente saludable y de esta forma se contribuye a la conservación de los recursos naturales (Labrador, 2001; Quinteros, s.f.).

4.2.3. Historia contemporánea

El hombre desde épocas remotas ha utilizado los residuos orgánicos como fuente de materia orgánica para sus cultivos y como acondicionadores de suelos (Luque, 1997; Téllez, s.f.). El compostaje tiene su aplicación desde hace miles de años. Los chinos compostaban todos sus residuos orgánicos de sus campos y casas. En Jerusalén parte de los residuos urbanos se quemaban y con los demás se hacía compost (Corazón Verde, 1996). El primer desarrollo significativo del compostaje en el siglo pasado proviene de una experiencia realizada en la India, llevada a cabo por el inglés Albert Howard desde 1905 a 1947, basado en el método que se conoce como proceso “indore” en homenaje al estado donde se realizaron los experimentos y se marcaron los primeros avances en el sistema de pila con volteo (Luque, 1997). Fue en el año 1925 cuando en Europa comenzó a estudiarse la posibilidad de descomponer a gran escala las basuras de las ciudades con la puesta en marcha del método indú Indore. Simultáneamente a las experiencias que se obtenían en la India, en Italia en el año de 1922, se desarrollaba un método que utilizaba tanto el proceso aeróbico como anaeróbico en un sistema cerrado, este proceso se denominó “Beccari” (Opazo, 1991). En 1929 se estableció la primera planta de compostaje en Wijster, Holanda, y en 1932 en la ciudad holandesa de Hanmer se instaló la primera planta de compost hecho con las basuras urbanas con el método denominado “Maanen” (modificación del sistema Indore que consistía en usar grandes trincheras). A principios de la década de los 60, había en Europa 37 plantas. Dicho número aumentó considerablemente durante dicha década, y a principios de los 70 se llegó a 230 plantas, (Corazón Verde, 1996). En 1955 se construyó otra fábrica en Mierlo, Holanda cuyo sistema se conoce con el nombre de VAM Maanen (Rev el Campo, 1979 citado por

Martínez, 1996). Actualmente en Europa existen plantas capaces de procesar mas de 1000 toneladas de residuos sólidos urbanos (RSU) (Heno, 1996). En la década de los cincuenta, se realizaron estudios de compostación de residuos sólidos urbanos por parte de las Universidades de Michigan y California en EE.UU obteniendo un producto final de buena calidad. (Opazo, 1991)

4.2.4. Sistemas de compostaje

Según Labrador (2001) y Costa et al. (1991) los sistemas de compostaje pueden clasificarse como:

4.2.4.1. Sistemas abiertos.

Son los sistemas tradicionales, donde los sustratos a compostar se disponen en pilas que pueden estar al aire libre o cubiertas. Entre estos tenemos:

- ✓ Apilamiento estático.
 - Con aireación por succión (Sistema Beltsville⁴). Sin volteos; es el que necesita mayor tiempo de fermentación. Suficiente para proveer de una concentración de oxígeno de 15% a un compost compuesto de lodo de depuradora y de virutas de madera
 - Con aire espirado en conjunción con el control de la temperatura (Sistema Rutgers⁵).
 - Ventilación alterna y control de temperatura
- ✓ Apilamiento con volteo. Volteos en función de la temperatura y la humedad el cual permite diseñar pilas de mayor altura.
- ✓ Apilamiento con ventilación forzada. Sistema mecánico de ventilación por tuberías o canales.

⁴ El sistema de succión se ideó en Beltsville por la U.S.D.A. y es ampliamente empleado en U.S.A (Costa et al., 1991)

⁵ Se realizo en la Universidad de Ruters en New Jersey (Costa et al., 1991)

4.2.4.2. Sistemas cerrados

Sistemas utilizados generalmente para el tratamiento de desechos sólidos Municipales de tamaño medio o grande, diseñados para reducir el área y tiempo de compostaje y hacer un mejor control de los parámetros del proceso. Sin embargo sus costos son elevados. Entre estos tenemos:

- ✓ Reactores verticales.
 - Continuos. Con alturas de 4 a 10 m donde el material compostable se encuentra en masa única. En este sistema se controla temperatura, aireación y características de los gases. El tiempo de compostaje es corto (dos semanas).
 - Discontinuos. Reactores divididos en varios niveles, de 2 a 3 m de altura, donde la masa se voltea en la parte superior descendiendo al siguiente nivel según su madurez. El tiempo de fermentación es de una semana.
- ✓ Reactores horizontales.
 - Estáticos. Tiempo de compostaje de 15 a 30 días. El producto requiere un compostaje posterior.
 - Dinámico. Cilindro de 2 a 3 m de diámetro y con giros de 2 a 3 rpm., donde los residuos permanecen en el reactor de 24 a 36 horas. El material es compostado posteriormente en pilas o reactores.

4.2.5. Parámetros de control y afectación del proceso

Los factores que afectan el proceso de compostaje, según Climent et al. (1996), están íntimamente relacionados con parámetros como la naturaleza de los desechos orgánicos y/o con sus condiciones de desarrollo de la población microbiana. Esta última afecta el proceso porque durante la transformación de la materia orgánica los microorganismos requieren condiciones ambientales óptimas en cada una de sus fases (Röben, 2002). Figura 2

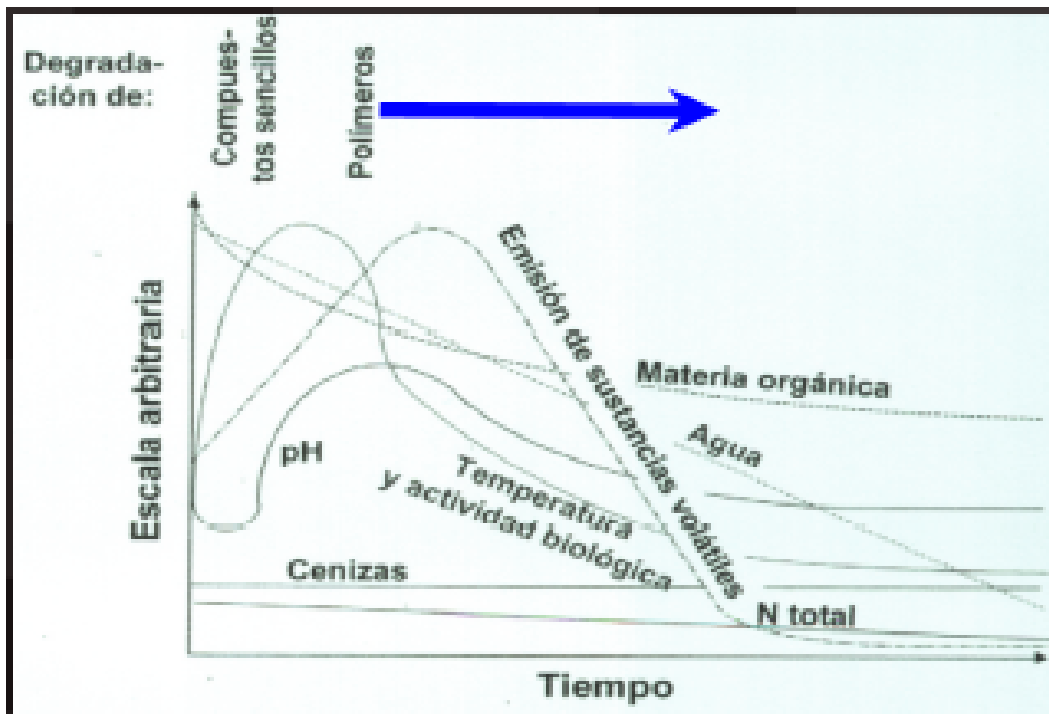


Figura 2. Proceso y evolución del compostaje
 Fuente: Mustin, 1987 y Day et al, 1998; Tomado de Soto, 2003

4.2.5.1. Naturaleza del sustrato

En general los principales residuos biodegradables que se incluyen en el proceso de compostaje son de origen agrícola, tanto de naturaleza animal como vegetal. También se incluyen los desechos líquidos, urbanos como los residuos sólidos urbanos (RSU) y desechos del tratamiento de aguas residuales, industriales como los desechos de madera, agroindustriales como los residuos azucareros, vinícolas, cafeteros etc. (Climent et al. (1996), Labrador (2001), Costa et al. (1991), Henao (1996), entre otros).

4.2.5.2. Tamaño de las partículas

La mayoría de los residuos son de forma irregular y con poca superficie específica por lo cual es importante reducir el tamaño de estos, ya que se incrementa la velocidad de las reacciones bioquímicas, lo cual favorece la actividad microbiana (Röben, 2002). Se aconseja un tamaño adecuado de partículas de 1 - 5 cm., de

diámetro. El exceso de partículas pequeñas puede llevar fácilmente a favorecer la putrefacción, lo que no es ideal para la producción de compost (Bongcam, 2003; Climent et al., 1996; Tchobanoglous et al., 1994).

4.2.5.3. Acción de los metales pesados

Según Corbitt (2003), la presencia de metales pesados en el compost puede aumentar su concentración en las cosechas y ser tóxicos para los seres humanos. Los elementos de mayor preocupación para la salud de los seres humanos son el cadmio, plomo, arsénico, selenio y mercurio. En general un compost de buena calidad y apto para su aplicación en la agricultura presenta los siguientes límites máximos admitidos en relación con los elementos pesados (Labrador, 2001): Cadmio 10 ppm (mg/kg), Cobre 450 ppm (mg/kg), Níquel 120 ppm (mg/kg), Plomo 300 ppm (mg/kg), Zinc 1.100 ppm (mg/kg), Mercurio 7 ppm (mg/kg) y Cromo 400 ppm (mg/kg). Sin embargo la normatividad nacional presenta valores más bajos (Ver punto 4.2.11).

4.2.5.4. Contenido de humedad

Para Henao (1996) el agua es uno de los factores más importantes en el proceso de compostaje. Si su contenido es muy bajo, se detiene la actividad microbiológica del proceso; y si es muy alto se dan condiciones anóxicas porque el agua desplaza al aire de los espacios libres existentes. Soto (2003) menciona que altos niveles de humedad pueden facilitar una mayor pérdida de nitrógeno, que favorecen la desnitrificación. El contenido de humedad óptimo del proceso de compostaje deberá estar entre el 50 y el 60 por 100, en peso (Corbitt, 2003; Tchobanoglous et al., 1994) (Ver Tabla 2).

4.2.5.5. Relación C / N

Según Labrador (2001), la relación C/N es el factor ambiental más importante en un proceso de compostaje y debe controlarse para asegurar una fermentación

correcta siendo este uno de los parámetros que mejor indica la maduración del compost. El proceso de compostaje depende de la acción de los microorganismos que requieren de una fuente de carbono que les proporcione energía y material para nuevas células junto a un suministro de nitrógeno para proteínas celulares (Mouat, 1975). Se considera que si hay suficiente nitrógeno disponible en la materia orgánica original, la mayoría de los otros nutrientes estarán también disponibles en cantidades adecuadas (Labrador, 2001)

La relación C/N inicial óptima esta comprendida entre 25 y 30, y esta relación se hace cada vez menor con el tiempo de compostaje debido a la transformación de la materia orgánica y al desprendimiento de carbono en forma de CO₂ (Corbitt, 2003). Sin embargo Henao (1996) afirma que se han efectuado compostaciones exitosas con relaciones de 20 a 80; solo que el proceso puede ser más lento y es posible que el aprovechamiento de los nutrientes no sea el óptimo, lo que puede llegar a afectar la calidad del producto final (Soto, 2003).

Si la relación C/N es muy baja se producen perdidas de nitrógeno por volatilización de amoníaco, mientras que cuando los valores son muy elevados la disponibilidad del nitrógeno es baja, repercutiendo en un descenso de la actividad orgánica lo cual alargaría considerablemente el proceso de compostación. (Bongcam, 2003; Cegarra, 1994) (Ver Tabla 2)

4.2.5.6. Temperatura

La temperatura esta condicionada por la humedad y la aireación, y varía dependiendo de la actividad metabólica de los microorganismos. De acuerdo a este parámetro el proceso de compostaje se divide en cuatro etapas: mesofílica (< de 40 °C), termofílica (40 a 60°C), fase de enfriamiento (< de 40 °C) y fase de maduración (temperatura ambiente). En la fase termofílica, se alcanzan las temperaturas más altas, las cuales son relevantes para que se dé la “autoesterilización” del sustrato, asegurando la eliminación de microorganismos y sustancias no deseadas en el producto final. A temperaturas demasiado elevadas

se produce una inhibición de la actividad vital de la mayoría de los microorganismos que inciden en el compostaje, frenándose así la descomposición de la materia orgánica. (Cegarra, 1994; Corbitt, 2003; Gómez et al., 1996) (Ver Tabla 2). Para mantener un proceso de compostaje en condiciones ideales, autores como Dalzell, (1991); Cegarra, (1994) y Thobanoglous et al. (1994) mencionan que se necesita mantener en todas las partes de la pila una temperatura de 55 a 60 °C, por lo menos tres días para destruir prácticamente todas las plantas y organismos causantes de enfermedades patógenas. En el compostaje en pilas la temperatura se controla indirectamente variando la frecuencia del volteo.

4.2.5.7. pH

El pH, al igual que la temperatura, varía con el tiempo durante el proceso de compostaje debido a su acción sobre los microorganismos, por lo que se convierte en una medida de vital importancia para evaluar el ambiente microbiano y la estabilización de los residuos (Thobanoglous et al., 1994). En general, los hongos toleran un margen de pH ligeramente ácido (entre 5-8), debido a que los productos iniciales de la descomposición son ácidos orgánicos. Al cabo de unos días, el pH se vuelve ligeramente alcalino debido a la liberación de amoníaco durante la transformación de las proteínas por parte de las bacterias, las cuales prefieren un medio casi neutro (pH= 6-7,5) (Salcedo, 1998; Labrador, 2001). El pH recomendado para un sistema de compostaje debe estar en un rango de 6.5 a 8 (Ver Tabla 2)

4.2.5.8. Aireación

El suministro de aire a todas las partes del sistema es esencial para proveer de oxígeno a los organismos y para eliminar el dióxido de carbono (Henaó, 1996). Danzell (1991) considera que el flujo de aire no solo elimina el dióxido de carbono y el agua producida en la reacción de descomposición sino que también elimina calor al evaporar la humedad. El oxígeno es necesario para el metabolismo de los microorganismos aeróbicos y para oxidar determinadas moléculas orgánicas de la

mezcla en descomposición (Cegarra, 1994). Los niveles óptimos de oxígeno se sitúan entre el 5 y 15 por 100. Niveles inferiores del 5 por 100 de oxígeno pueden provocar condiciones anaeróbicas, mientras niveles superiores al 15 por 100 da lugar a pérdidas de calor y una pobre destrucción de organismos patógenos (Corbitt, 2003) (ver Tabla 2).

Tabla 2. Condiciones ideales para el compostaje

| Condición | Rango aceptable | Condición óptima |
|---------------------|-----------------|------------------|
| Relación C:N | 20:1 – 40:1 | 25:1 – 30:1 |
| Humedad | 40 -65% | 50 – 60% |
| Oxígeno | > 5% | 8% |
| PH | 5.5 – 9.0 | 6.5 – 8.0 |
| Temperatura °C | 55 – 75 | 65 – 70 |
| Tamaño de partícula | 0.5 – 1.0 | variable |

Fuente: Rynk, 1992; Tomado de Soto, 2003

4.2.5.9. Patógenos

Los patógenos son causantes de enfermedades y pueden pertenecer a cualquiera de las clases de microorganismos. (Bacterias, hongos, virus, rickettsias y protozoos). Como lo afirma Thobanoglous et al. (1994), el diseño de un proceso de compostaje debe tener en cuenta la destrucción de patógenos, ya que la presencia de ellos afecta los cambios normales de temperatura. Estos organismos prefieren temperaturas por debajo de los 42 °C, ya que normalmente viven a la temperatura corporal del hombre y animales, o a la temperatura ambiental de las plantas. Las técnicas para la preparación de compost se les señalan como muy efectivas para el control de microorganismos patógenos y la tasa de mortalidad de estos microorganismos esta en función del tiempo y de la temperatura. Cuando el proceso de compostaje funciona correctamente se pone de manifiesto que la mayoría de los organismos patógenos mueren cuando se exponen todas las partes de la pila a temperaturas de 55 °C (Luque, 1997 y Thobanoglous et al., 1994) (ver Tabla 3)

Tabla 3. Relación de microorganismos, temperatura y tiempo de exposición necesarios para la destrucción de algunos patógenos y parásitos comunes durante el compostaje

| Microorganismos | Observaciones y tiempo de supervivencia |
|---------------------------------|---|
| Salmonera SP. | Muerte dentro de una hora a 55 °C y dentro de 15 a 20 minutos a 60 °C |
| Shigella sp. | Muerte dentro de una hora a 55 °C |
| Escherichia coli | La mayoría muere dentro de 1 hora a 55 °C |
| Streptococcus pyogenes | Muere dentro de 10 minutos a 54 °C |
| Áscaris lumbricoides (huevos) | Mueren en menos de una hora a temperaturas por encima de 50 °C |
| Algunas formas de hongos | No sobreviven |
| Aspergillus fumigatus | Destruídos a 49°C |
| Leptospira philadelphia | 2 días |
| Microbacterium tuberculosis | 14 días |
| Otros virus que afectan humanos | 7 días |
| Poliovirus | 3 a 7 días a 49 °C |
| Salmonella | 7 a 21 días |
| Shigella | 7 a 21 días |

Fuente: adaptada de Luque, 1997 y Thobanoglous et al.,1994

4.2.6. Materiales estructurales en el proceso

La utilización de un material estructural, según García (2000) y Mariño (2004) previene la compactación del suelo, e incrementa la porosidad y la accesibilidad de oxígeno. Los materiales estructurales más frecuentes son paja, cascarilla de arroz y otra vegetación fibrosa, virutas y material inerte sintético (Kulmans y Vásquez, 1996). Entre los materiales estructurados más utilizados en el compostaje están:

La cascarilla de arroz. Este material mejora las características físicas tanto del suelo, como de los abonos orgánicos; y es una fuente rica en lignina y sílice (este último favorece a los vegetales del ataque de insectos y microorganismos). Como cascarilla carbonizada aporta fósforo, potasio y corrige la acidez del suelo (Restrepo, 1996).

Pulpa de café. Cuenta con variedad de nutrientes, siendo rica en nitrógeno y potasio, cerca de 3 y 4 % respectivamente de cada uno de estos nutrientes en base seca, (Vieira y Ochoa (2000) y Soto (2003) mencionan que es un material óptimo, ya que además de presentar un alto contenido de nitrógeno, es alta en azúcares, agua, fuentes de carbono y presenta un tamaño de partícula adecuado. Labrador (2001) afirma que para ser compostado este material debe mezclarse con otros que aporten aire y mejoren la retención de agua.

La cachaza. Llamada también *torta de filtro*, es un material residual derivado del proceso de la molienda de la caña de azúcar; y contiene un adecuado tamaño de partícula, buen pH, y alto contenido de azúcares y fósforo (Bajaña,1998; Bruzon, 1994 y Soto, 2003). La cachaza puede ser de gran importancia como abono orgánico, ya que posee alto porcentaje de ceras, grasa, celulosa y lignina, sustancias que dan origen al Humus (Rengifo y Ramírez, 1996).

Bagazo. Subproducto estructural de la caña de azúcar generado después de la molienda y posterior extracción del jugo azucarado. El bagazo presenta una elevada relación C/N, y una vez compostado se puede utilizar como sustrato o como abono orgánico, siendo muy eficiente para el suministro de potasio a las plantas, aunque necesita un tiempo para su transformación en el suelo (Labrador, 2001).

4.2.7. Microbiología del compostaje

El proceso de compostaje está gobernado por la acción de microorganismos aerobios facultativos y obligados, mesófilos y termófilos, según la temperatura dominante. Hasta ahora, han sido estudiadas mas de 70 especies de microorganismos destacándose los grupos de, actinomicetos termófilos, bacterias mesófilas y termófilas, y hongos mesófilos y termófilos, degradando compuestos como hemicelulosa, celulosa, proteínas y carbohidratos (Luque, 1997; Tchobanoglous et al, 1994). Según Climent (1996) y Soto (2003) las bacterias descomponen fundamentalmente los carbohidratos y las proteínas (10 % de la

descomposición) mientras que los hongos y los actinomicetos (del 15-30% de la descomposición) actúan preferencialmente sobre celulosas y hemicelulosas. El número de microorganismos no debe ser un factor limitante para el proceso, ya que los organismos autóctonos se multiplican a gran velocidad. Labrador (2001); Mariño (2004) refieren que la naturaleza y número de microorganismos presentes en cada etapa dependen del material inicial, de las condiciones en las que se mantenga la masa a compostar y del sistema utilizado.

4.2.8. Otros organismos asociados con el compost

La pila de compost definitivamente es una interacción entre microorganismos y macroorganismos que efectúan su trabajo sobre los residuos compostables. Las bacterias y los hongos comienzan el proceso de descomposición de la materia orgánica, y a medida que avanza el proceso se unen los actinomicetos, y luego miriápodos, insectos y gusanos de tierra (Emisión-España, s.f.).

Luque (1997) menciona que se han identificado otra serie de organismos de relativa importancia en el proceso, en especial en la etapa mesofílica, como protozoarios, nematodos, hormigas, lombrices y ácaros. El mismo autor también indica que la masa de organismos puede alcanzar hasta el 25 por 100 del total del peso del compost. Según Kiehl (1998) el compost contiene hasta al final del proceso de descomposición una enorme población de microorganismos y algunos macroorganismos. Los macroorganismos son pequeños animales que habitan en el suelo y que pueden ser observados a simple vista, los cuales ayudan al proceso de compostaje, mediante el ataque físico sobre los desperdicios orgánicos, rompiéndolos en pequeños pedazos los cuales son rápidamente degradados por los microorganismos.

4.2.9. Criterios de calidad

Según Labrador (2001) la calidad refleja la madurez del compost, y la obtención de un producto orgánico estable⁶. La calidad de los composts está afectada por el material original (grado de digestión, contenido original de nutrientes, etc.) y por el sistema de compostaje utilizado (Mazzarino et al., 2005). Cegarra (1994) dice que para evaluar la calidad de los materiales orgánicos, durante y al final del proceso de compostaje, se proponen criterios basados en la cuantificación de los parámetros físicos, químicos y biológicos. Estos criterios definen las características benéficas del compost y permiten recomendar su aplicación para diferentes finalidades agrícolas. En la tabla 4 se muestran algunas características (en términos totales) que debe tener un compost para ser comercialmente aceptable.

Tabla 4. Características de un compost comercialmente aceptable

| Característica | Rango óptimo | Característica | Rango óptimo |
|----------------|--------------|-----------------|--------------|
| %N | >2 | % P | 0.15-1.5 |
| C:N | <20 | Color | Café-negro |
| %Cenizas | 10-20 | Olor | Tierra |
| %Humedad | <40 | CICE (meq/100g) | 75-100 |

Fuente: Paúl y Clark, 1996; citado por Meléndez, 2003

4.2.10. Aspectos ambientales del compost y compostaje

4.2.10.1. Ventajas

Para Salcedo (1998), Cubero (1994) y Bongcam (2003) el compost tiene las siguientes ventajas:

Propiedades físicas:

- Mejora la estructura y estabilidad del suelo.

⁶ Producto que tiene un contenido elevado de sustancias húmicas, equilibrado en nutrientes, optimo en numero de microorganismos útiles, granulometría idónea, olor agradable, coloración oscura y además libre de contaminantes y sustancias fitotóxicas (Labrador, 2001)

- Mejora su textura y su permeabilidad (regulación del balance hídrico del suelo), lo que facilita su aireación y por lo tanto la respiración de las raíces.
- Reduce el riesgo de erosión porque los suelos compactos se sueltan y los arenosos se compactan por la acción de la materia orgánica.

Propiedades químicas:

- Aumentan el poder tampón del suelo, y en consecuencia reducen las oscilaciones de pH de éste.
- Aumentan la capacidad de intercambio catiónico del suelo, con lo que se aumenta la fertilidad.
- Proporciona cantidades generosas de nutrientes especialmente de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio, hierro, que se van liberando lentamente, facilitando el aprovechamiento por las plantas y estimulando su ciclo vegetativo.
- Los abonos orgánicos (compost) forman complejos que retienen los macro y micronutrientes, evitando su pérdida por lixiviación; además, incrementan la retención de la humedad en el suelo, lo que le confiere resistencia a la sequía.
- Mejora las características químicas del suelo, dado que la materia orgánica puede retener hasta 10 veces más nutrientes que las arcillas.

Propiedades biológicas

- Favorecen la aireación y oxigenación del suelo, por lo que hay mayor actividad radicular y mayor actividad de los microorganismos aerobios.
- Proporciona energía para los microorganismos renovando y aumentando la “vida” del suelo al promover la proliferación de micro y macroorganismos útiles para la actividad biológica y la disponibilidad de elementos minerales, mejorando gradualmente la fertilidad del suelo.

Otras ventajas:

- Representa la reducción de volumen de residuos sólidos orgánicos sin olvidar que es la opción más barata y beneficiosa desde el punto de vista de salud medioambiental.
- El producto final obtenido, supone un beneficio económico a nivel particular y social, ya que se ahorra en fertilizantes químicos y se generan nuevas oportunidades de trabajo.

4.2.10.2. Desventajas

- Dalzell, (1991) plantea que el mayor porcentaje de desechos orgánicos procedentes de comunidades humanas y animales están contaminados en alguna medida con gérmenes patógenos que pueden causar infecciones en el hombre, los animales y plantas.
- Los residuos orgánicos fácilmente biodegradables atraen vectores de enfermedades y pueden ser causa de malos olores y facilitar la diseminación de semillas de malas hierbas.
- Es un proceso que requiere de tiempo, conocimientos, y técnicas para el normal desarrollo del sistema en condiciones óptimas sin causar problemas.

4.2.11. Normatividad Nacional

Los parámetros físico-químicos y microbiológicos óptimos del compost para ser utilizado como acondicionador del suelo, según la NTC 5167 y resolución 00150 de 2003, se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Límites permisibles de parámetros físico-químicos y microbiológicos del compost para ser utilizado como acondicionador del suelo

| Parámetro | Límites permisibles |
|---|------------------------------|
| Humedad | 15 % máximo |
| Contenido de Carbono Orgánico Total | 5 –15 % |
| N total +P ₂ O ₅ + K ₂ O | 10% mínimo |
| riqueza mínima de cada elemento | 2% |
| CaO + MgO + elementos menores | 10% mínimo |
| Densidad | > 1 g/cc |
| pH, | reportarlo |
| Residuo Insoluble | 50% del contenido de cenizas |
| Metales pesados* | |
| Arsénico | 15 mg/kg |
| Cadmio | 0,7 mg/kg |
| Cromo | 70 mg/kg |
| Mercurio | 1 mg/kg |
| Níquel | 25 mg/kg |
| Plomo | 140 mg/kg |

* Límites máximos permisibles de metales pesados en residuos sólidos urbanos separados en la fuente.

“En relación con los análisis microbiológicos, el compost utilizado como fertilizante y acondicionador orgánico de origen no pedogenético, deberán demostrar que no superan los siguientes niveles máximos de microorganismos patógenos: Salmonella sp.: Ausentes en 25 gramos de producto final, Enterobacterias totales: Menos de 100 UFC/g de producto final. Para evaluar si el producto presenta contenidos de microorganismos benéficos, debe declararse el recuento de microorganismos mesófilos aerobios, mohos y levaduras. También se puede determinar la presencia o ausencia de protozoos y nemátodos”.

4.2.12. Descripción de algunas experiencias importantes sobre compostaje

4.2.12.1. Compostaje de los biosólidos provenientes del reactor UASB⁷ de la estación de investigación en tratamiento de aguas residuales, Acuavalle s.a. e.s.p, Municipio de Ginebra.

Este proyecto surgió por la preocupación generada por la mala disposición del biosólido derivado del tratamiento de aguas residuales domésticas del reactor

⁷ Reactor anaerobio en flujo ascendente, utilizado en el tratamiento de aguas residuales.

UASB y su utilización sin tratamiento adecuado por parte de los pequeños agricultores de la zona. El objetivo general de esta investigación fue evaluar al biosólido a través de un sistema de compostaje para determinar su viabilidad ambiental y agronómica. Este trabajo se realizó en el año 2003 en la localidad de Palmira, en el lote de cultivo de la Universidad Nacional- Sede Palmira. Los materiales empleados fueron biosólido (3.4 Ton), cachaza (2 Ton) y viruta de madera (0.6 Ton); estos dos últimos sirven como agente enmienda y agente ligante respectivamente. Con estos materiales se montaron 6 unidades experimentales de una tonelada cubiertas con plástico negro calibre 6. Se realizaron 2 tratamientos con una repetición cada uno y con todos los materiales mencionados, también se hizo un tratamiento testigo igualmente con una repetición y sin cachaza (Tabla 6).

Tabla 6: Estructura y composición de los diferentes tratamientos

| Tratamiento | Biosólido | | Cachaza | | Viruta de madera | |
|-------------|-----------|----|---------|----|------------------|----|
| | Kg | % | Kg | % | Kg | % |
| T1 | 500 | 50 | 400 | 40 | 100 | 10 |
| T2 | 300 | 30 | 600 | 60 | 100 | 10 |
| T3 | 900 | 90 | - | - | 100 | 10 |
| Total | 1700 | | 1000 | | 300 | |

Las variables que se monitorearon en el proceso de compostaje fueron la temperatura, el pH, y el porcentaje de humedad, mientras que las variables de respuesta fueron la materia orgánica, el carbono orgánico, nitrógeno, fósforo, potasio, y la relación C/N.

Luego de finalizar el proceso de compostaje se realizó el balance de masa y esta información mostró que la producción de compost del tratamiento 1 presentó la mayor eficiencia, mientras que el tratamiento 3, fue el más ineficiente con un alto porcentaje de residuos debido a que no se alcanzó a degradar totalmente; es de señalar que este tratamiento no se le adicionó cachaza (Tabla 7) (Armenta y Rodríguez, 2003)

Tabla 7: Balance de masa del proceso de compostaje

| Ítem | Tratamiento1 | | Tratamiento2 | | Tratamiento3 | |
|----------|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|
| | Prom(Kg) | % | Prom(Kg) | % | Prom(Kg) | % |
| Compost | 500 | 56 | 420 | 47 | 210 | 23 |
| Residuo | 150 | 17 | 180 | 20 | 296 | 33 |
| Perdidas | 250 | 27 | 300 | 33 | 394 | 44 |
| Total | 900 | 100 | 900 | 100 | 900 | 100 |

Los productos finales obtenidos de cada una de las unidades experimentales se encuentran dentro del rango para ser catalogados como compost; sin embargo ninguno se puede catalogar como abono orgánico pero si puede ser utilizado como enmienda orgánica, acondicionador de suelos o como sustrato en viveros. El experimento realizado con el cilantro fue exitoso. El compost mejoro las propiedades orgánicas del suelo (suelo pobre de materia orgánica), además el cilantro presento mayor follaje y no sufrió daños en sus raíces (tolerancia vegetal).

4.2.12.2. Evaluación de técnicas de compostaje para el manejo de residuos industriales de palma de aceite.

El ensayo se realizo entre el mes de noviembre de 1994 y Diciembre de 1995, en la plantación de Palmeras del Meta LTDA, vereda la Castañeda, municipio de San Martín, Departamento del Meta- Colombia. El sistema de compostaje utilizado fue el de tipo “abierto” se diseñaron pilas de 1.5 m de altura con capas de basura, estiércoles de animales, paja, hojas y lodos. En esta investigación se utilizaron tres factores de estudio con dos modalidades cada uno. Factor A: Raquis Fraccionado-Raquis Entero (RF-RE), Factor B: Bovinaza- Fosfato Diamónico (BOV-DAP), Factor C: Con cubierta plástica-sin cubierta plástica (CC-SC). Los tres factores se combinaron dando lugar a 8 tratamientos. Se sumaron 2 tratamientos adicionales con solamente raquis entero, donde a uno se le realizo volteo y al otro no. Se utilizo además del Raquis otros residuos como fibra, cascarilla o afrecho, foliolos de frondas de palma. Para prevenir la proliferación de insectos se cubrió las pilas con pasto seco, también se utilizo cal para estabilizar el pH.

Los tratamientos con adición de Bovinaza presentaron mayores promedios de temperatura estabilizándose más rápido que las pilas donde se utiliza el DAP. Los

tratamientos adicionales no presentan un comportamiento típico de temperatura en el proceso de compostaje. En el análisis químico, Los tratamientos adicionales (solamente con Raquis entero) presentaron niveles bajos de calcio, magnesio, potasio y fósforo en comparación con los otros tratamientos. El empleo de la cubierta plástica favoreció el contenido de Calcio, magnesio y potasio. Es decir estos valores fueron superiores comparados con los valores de las pilas carentes de cubierta plástica (Soto, 1996)

4.2.12.3. Manejo de desechos sólidos mediante compostaje en Córdoba (Quindío)

El trabajo realizado tuvo como objetivo general plantear una alternativa de manejo de desechos sólidos (D.S) en el municipio de Córdoba-Quindío. Se realizó la compostación de residuos orgánicos, en la finca Flor del Café, Vereda la Mina, municipio de Pijao, Departamento del Quindío. Inicialmente se recolectó el material orgánico proveniente de la finca (Mo) y de la zona urbana en bolsas plásticas marcadas (44 por 72 cm.). Luego se elaboraron tres montones para el proceso de compostaje de 1 m de alto por 1.2 m de ancho y por 1.2 m de largo. Se cubrió con maleza y ramas del lugar y se les realizó volteos cada 15 días. El tratamiento para estas pilas consistió en ensayar fermentos líquidos (M1: Fermento de ortiga y cola de caballo, M2. Fermento de estiércol de caballo, M3: Fermento de estiércol de cerdo). La dilución de estos fermentos fue de 1kg en 5Lt de agua y al momento de aplicar se diluyó en 15 Lt mas de agua. Se formaron dos montones mas como base de comparación con los otros. M4: No se le aplica ningún activador biológico (fermentado o capa de estiércol), pero si se le hicieron volteos. M5: No se le activa ningún activador biológico ni se realizó volteos.

El montón (Mo) presentó un alto grado de homogeneidad en el segundo volteo. Mientras que en los montones uno al tres, necesitaron del tercer volteo para conseguir un alto grado de transformación. Los montones del uno al cinco presentaron alto grado de humedad y compactación, siendo más acentuada en M5. El montón M1 fue el más descompuesto y menos compacto. En los montones no hubo liberación de olores desagradables ni presencia de moscas.

Se concluye con este trabajo que la calidad del compost depende tanto de los materiales utilizados, como de las condiciones en que se desarrollo dicho proceso. Para la obtención de compost no se requiere de una inversión alta. El compostaje que se obtuvo en esta investigación se puede usar con fines agrícolas (Martínez, 1996).

4.2.12.4. Alternativas de sustratos hortícolas obtenidos mediante compostaje de mezclas de cachaza con residuos orgánicos

El objetivo general de este trabajo fue “buscar alternativas de mejoramiento de los sustratos de cultivo utilizando mezclas de cachaza con diferentes residuos orgánicos”. Este proyecto de investigación se realizo en el año de 1997 en la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, departamento del Valle del Cauca Colombia. El proyecto se desarrollo en tres etapas: Etapa de compostaje, etapa de Invernadero y etapa de laboratorio. Para la primera etapa se utilizaron residuos orgánicos como la cachaza, el bagacillo, el bagazo y trocitos de madera, estos residuos se mezclaron como se muestra en la tabla (8). El modelo de compostaje utilizado fue el método Indore complementado con un sistema de solarización. Se conformaron tres repeticiones para cada tratamiento. Para la segunda etapa, cada 15 días se tomaron muestras de las pilas de compostaje para realizar los bioensayos con semillas de tomate con el fin de evaluar el compostaje por medio del crecimiento y emergencia de plántulas físicas y químicas de tomate. En la tercera etapa se analizaron las propiedades químicas, físicas y físico-químicas para determinar las diferencias.

Tabla 8: Tratamientos de mezclas de cachaza con carbonilla, bagacillo, trocitos de madera y bagazo.

| Tratamiento | Proporciones de residuos | | | | |
|-------------|--------------------------|------------|-----------|--------------------|--------|
| | Cachaza | Carbonilla | Bagacillo | Trocitos de madera | Bagazo |
| 1 | 75% | 25% | | | |
| 2 | 50% | 50% | | | |
| 3 | 75% | | 25% | | |
| 4 | 50% | | 50% | | |
| 5 | 25% | | 75% | | |
| 6 | 75% | | | 25% | |
| 7 | 50% | | | 50% | |
| 8 | 25% | | | 75% | |
| 9 | 75% | | | | 25% |
| 10 | 50% | | | | 50% |
| 11 | 25% | | | | 75% |
| 12 | 100% | | | | |

En la etapa de compostaje las mezclas que contenían mayor porcentaje de cachaza presentaron temperaturas ligeramente altas. En la etapa de Invernadero las plantas presentaron restricciones en el crecimiento y desarrollo posiblemente por la falta de nutrientes y a la alta cantidad de fitotóxicas que presentaban las mezclas de residuos en descomposición. Los porcentajes de emergencias fueron relativamente altos; entre el 83 y el 89% para las pruebas preliminares y del 82 al 95.3% en la prueba final. Para la variable de emergencia no hay diferencias entre un sustrato de diferente estado de descomposición. Para la etapa de laboratorio de acuerdo al análisis de las propiedades químicas, la materia orgánica aumento notablemente en los tratamientos que contenían trocitos de madera. El estudio de las propiedades físicas los tratamientos que tienen mayor porcentaje de cachaza presentaron menor porcentaje de porosidad, contrario a lo que paso con los tratamientos que se utilizaron mayores porcentajes de trocitos de madera (Escalante, 1999).

4.2.12.5. Compostaje de basuras como fuente de fertilización orgánica comparado con fertilizante químico

En la Estación Experimental La Platina se llevo a cabo durante varios años una comparación entre abonadura orgánica y mineral, en un ensayo de rotación trigo-fríjol a igualdad de unidades de fertilizantes aplicadas. El objetivo de este estudio fue comparar una fertilización mineral con una orgánica a largo plazo bajo un

régimen hortícola intensivo. El material orgánico elegido fue el compostaje de basura. El ensayo se estableció en 1971 en la estación experimental la platina (Santiago), en terreno no cultivado ni fertilizado. El experimento consta de dos dosis de nitrógeno (200 Y 400 Kg./ha anuales) que proceden de diferentes fuentes una orgánica (compost de basura) y otra inorgánica (urea). El compost fue preparado con basura de la Municipalidad de la comuna de la granja, a comienzo de cada año. Anualmente se obtenía una muestra de compost tamizada para determinar el contenido de humedad, nitrógeno total, fósforo total y potasio total. Los cultivos de la rotación se escogieron de manera de tener dos cultivos hortícolas en el año, uno de invierno y otro de verano. Los cultivos fueron tomate, lechuga, maíz, rábano, fríjol verde, espinaca, repollo, y remolacha. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios. Para el análisis del suelo, los efectos de los tratamientos en la composición del suelo se midieron en base a: Materia orgánica, pH, conductividad, nitrógeno disponible, fósforo y potasio intercambiable. El contenido de nitrógeno aumento en el tratamiento con urea cuando la dosis fue de 400 Kg./ha. Mientras que para los demás tratamientos los niveles de nitrógeno se conservaron. Con respecto a la materia orgánica y potasio disponible sus contenidos se incrementaron cuando se utilizo compost de basura. En cuanto al rendimiento, la mayoría de los cultivos dieron alta respuesta a la fuente nitrogenada, la dosis alta de Nitrógeno (400Kg./ha) fue siempre superior a la dosis baja (200Kg./ha), con excepción del rabanito.

Se concluye entonces que el efecto acumulativo de los materiales orgánicos no se manifiesta después de 4 años de uso continuo de este material, periodo en el cual siempre se ha mantenido la superioridad del fertilizante mineral que para este caso fue la urea (Sotomayor, 1979).

4.3. CONCLUSIÓN

La conservación del medio ambiente constituye en el momento uno de los grandes problemas de la humanidad, cuyo futuro depende de las soluciones que se adopten para mejorarlo (Costa et al., 1991). La combinación armónica de las actividades agropecuarias con fines de autoconsumo y el aprovechamiento de los subproductos generados, son parte de la solución de conservación. (Labrador, 2001). El compostaje es una alternativa importante, amigable y fácil de implementar para una buena disposición de los residuos y el posterior uso del compost en la agricultura. Esta tecnología puede garantizar el sostenimiento de las sociedades rurales manteniendo en equilibrio el ciclo de la materia orgánica, dando excelentes resultados.

CAPITULO III

5. METODOLOGÍA

El estudio tuvo una duración de (5) cinco meses, tiempo que fue distribuido en (3) tres fases en las cuales se buscó cumplir con cada uno de los objetivos propuestos (Figura 3).

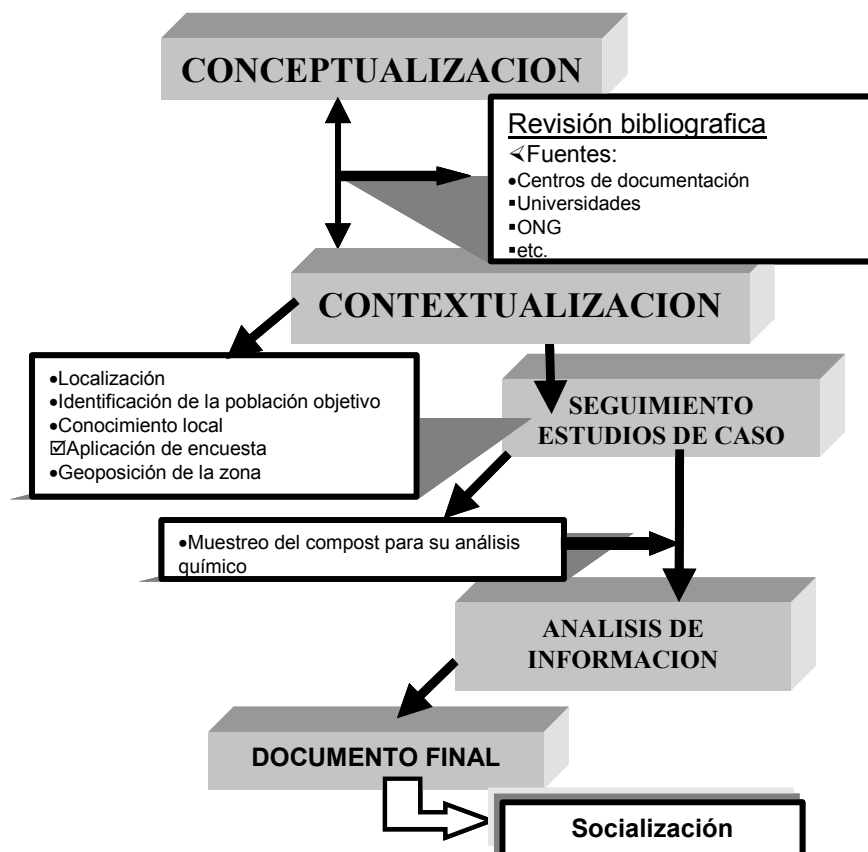


Figura 3: Esquema metodológico

5.1. FASE 1: CONCEPTUALIZACIÓN

La conceptualización se hizo a través de la revisión de literatura, la cual fue realizada consultando libros, revistas, tesis, artículos científicos y publicaciones en Internet, y en las bibliotecas del Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, la Universidad Nacional sede Palmira, la Universidad del Valle, el centro de documentación de CIPASLA en Pescador Cauca, el comité de cafeteros del cauca y Yucapan (Coapracauca⁸).

5.2. FASE 2: CONTEXTUALIZACIÓN

5.2.1. Localización de la zona de estudio

El trabajo se desarrolló en el corregimiento de Pescador, Municipio de Caldon, departamento del Cauca, entre los 1290 - 1970 m.s.n.m., 2° 50' 25.1" -2° 45' 0.9" latitud norte y 76° 32' 35.1" – 76° 29' 44.9" longitud oeste. Según la clasificación de Holdridge (s.f.) esta región podría catalogarse de predominancia hacia bosque seco pre-Montano (Bs-pM), con temperatura inferior a 24° C, precipitación entre 800-2100 m.s.n.m, y topografía accidentada con pendientes moderadas muy fuertes. Según Hernandez (1996), en esta zona se presenta un rango de precipitación anual entre los 1.400 y los 2.000mm (ver figura 4).

5.2.2. Identificación de la población objetivo.

En el desarrollo de esta etapa (fase de campo) se identificaron productores y agroindustrias rurales que llevan a cabo prácticas de compostaje en la zona y generan subproductos en cada uno de sus procesos productivos. Para esto se contó con el apoyo y colaboración del director y técnicos de CIPASLA, técnicos

⁸ Cooperativa de Almidoneros de Pescador y Rallanderos del Cauca

de CIALES (Comités de Investigación Agrícola Local) y personal del CIAT. Estas personas aportaron nombres de los productores (personas) claves para la captura de información básica, en cada una de las veredas visitadas ([ver anexo A](#))

5.2.3. Conocimiento local.

Se diseñó una encuesta para la población con el fin de obtener un registro detallado del conocimiento local, los residuos, el uso y el aprovechamiento de los sistemas de compostaje utilizados, así como los parámetros considerados para su elaboración. ([Ver Anexo B](#)).

5.2.4. Aplicación de las encuestas

Para la aplicación de las encuestas se seleccionaron exclusivamente las personas que tuvieran conocimiento de la práctica del compostaje, con el fin de caracterizar sus experiencias y obtener detalles importantes a la hora de comparar con la literatura. Por esto, se realizaron recorridos por la subcuenca del Río Cabuyal, comenzando por la parte baja (Veredas: Potrerillo, la Campiña, la Llanada, Palermo, Belén, Porvenir, Ventanas), hacia la parte alta (veredas: Santa Bárbara, Crucero el Rosario, la Primavera y Buena Vista). Dentro de esta zona, se ubicaron (5) cinco agroindustrias para establecer una comparación sobre el uso y manejo de los residuos producidos con respecto a los agricultores individuales. También se aplicó la encuesta a (9) nueve personas que nunca han utilizado el compostaje para conocer sus criterios por el cual no realizan esta técnica.

5.2.5. Georeferenciación de los productores encuestados

Después de haber ejecutado la aplicación de encuestas, se realizó la georeferenciación de las fincas de cada productor utilizando un GPS⁹ Garmin Etrex.

La toma de la información se hizo con los siguientes parámetros:

- Datum Wgs84
- Latitud/Longitud
- Altura sobre el nivel del mar

El proceso de bajar la información se realizó con el software GPSU 4.15 y la visualización de la información se hizo con ArcGis 8.3 y Arcview 3.2, a una escala de 1: 25000 dentro del mapa de la subcuenca del río Cabuyal (Ver figura 4)

5.2.6. Seguimiento de estudios de caso

5.2.6.1. Conocimiento local.

En esta fase se realizó el seguimiento del procedimiento aplicado por tres agricultores para el montaje de sus pilas de compostaje. Se diseñó una encuesta solo para los productores con experiencia en compostaje con el fin de registrar los detalles y caracterizar sus experiencias ([Anexo C](#)). Se acordó con el productor la fecha en la cual se realizaría el montaje con el fin de hacer el seguimiento y tomar el registro detallado del procedimiento utilizado (residuos y sustratos utilizados, cantidad, ubicación por capas, volteos, etc.). Los tres productores hicieron una

⁹ GPS es el sistema de posicionamiento global con sistema de navegación en tiempo y distancia, el cual se basa en las señales transmitidas por la constelación de satélites NAVSTAR (Navigation Satellite Timing And Ranging). Estas señales son recibidas por receptores portátiles en tierra y sirven para proveer posicionamiento geográfico preciso en cualquier parte del mundo (Garmin Ltd copyright, 2005).

replica de lo que normalmente hacen en sus fincas, ya que la fecha no era la mas indicada para el montaje de la técnica de compostaje La información suministrada por el productor se registró en una bitácora al igual que los detalles observados en cada etapa del montaje. Adicionalmente se realizó un registro fotográfico durante el procedimiento de cada productor. El numero de fotografías de cada registro indica el numero de pasos seguidos por cada productor durante el montaje del sistema ([Ver anexo D](#)).

SUBCUENCA DEL RIO CABUYAL

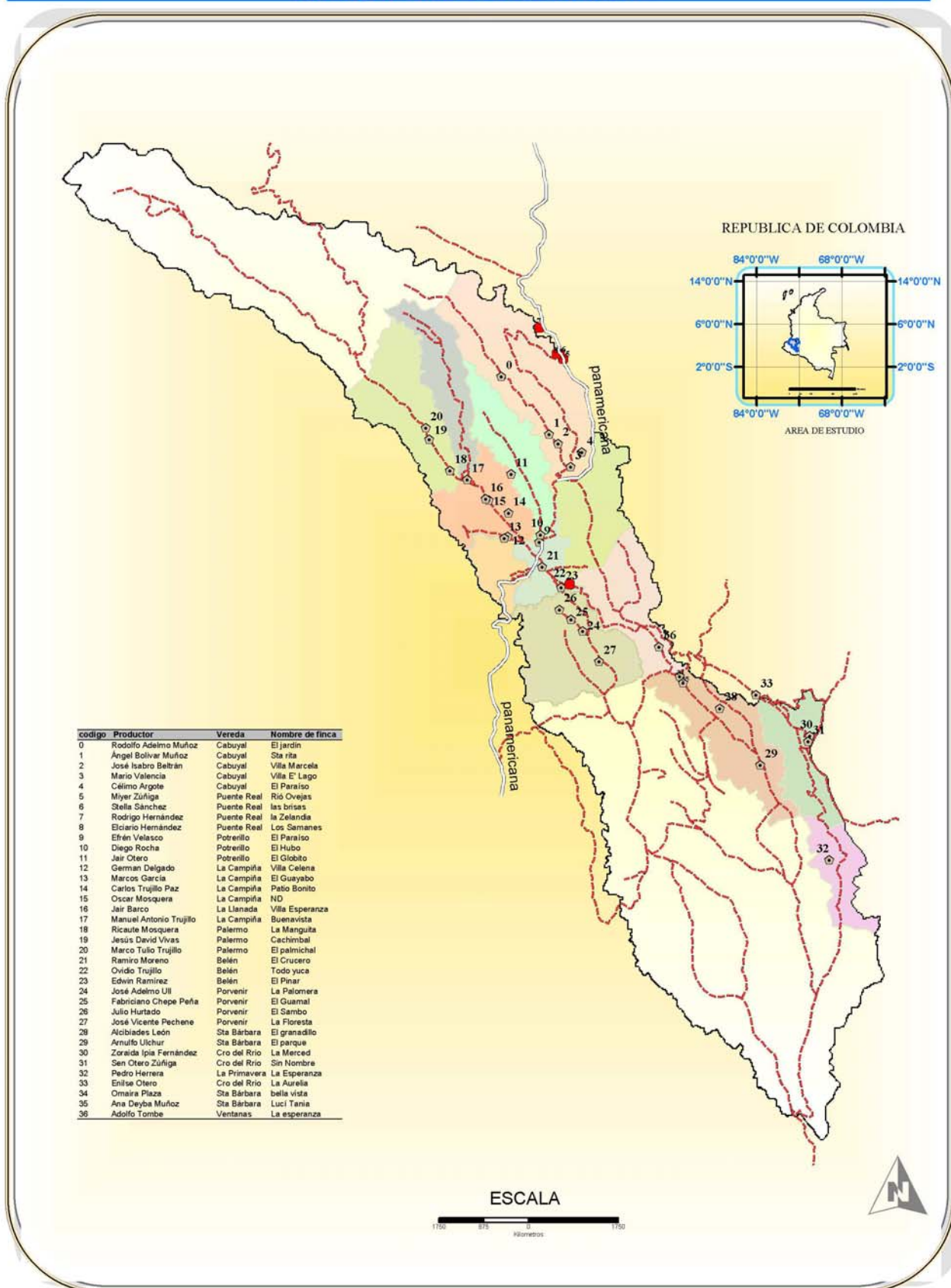


Figura 4. Mapa de la subcuenca del Río Cabuyal (ubicación productores encuestados - zona de estudio)

5.2.6.2. Muestreo de los compost para su análisis químico.

Durante esta etapa se tomaron tres muestras compuestas de cada pila de compostaje al final del montaje, dada la imposibilidad de realizar un muestreo al final del proceso. Tales muestras fueron secadas al aire, posteriormente molidas (< 2 mm) y finalmente llevadas al laboratorio de servicios analíticos del CIAT, en el cual se determinó el contenido de C, N, P, K, Ca y Mg. El contenido de carbono total (C) se determinó mediante el método espectrofotometría automatizada usando en la digestión el procedimiento (Walkley and Black) dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) y Ácido Sulfúrico. N y P fueron determinados mediante el método de espectrofotometría automatizada en digestión ácida, usando Ácido sulfúrico. Ca, K, y Mg se determinaron mediante espectrofotometría de absorción Atómica por digestión ácida con ácido nítrico (HNO_3) y ácido perclórico ($HClO_4$). (Black et al., 1965).

5.3. FASE 3: ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Los datos obtenidos a través de las encuestas fueron tabulados y sistematizados, y finalmente analizados mediante estadística descriptiva (tablas de frecuencias, medidas de tendencia central y medidas de dispersión). Para ello se usaron programas como STATISTICA (Stat Soft Inc), Excel y Access (Microsoft corp.). Un análisis de varianza fue adicionalmente efectuado a los datos químicos de los compost, usando el procedimiento ANOVA del paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) (SAS Institute, 1989).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. PRODUCTORES QUE USAN COMPOSTAJE

6.1.1. Cuantificación de residuos

La mayoría de los productores encuestados producen residuos de cocina (93%) y pulpa de café (89%). Entre el 64-68% de ellos generan residuos de jardín y cascarilla de frijol, el 54% cascarilla de maíz, el 36% bovinaza y el 21% gallinaza (Figura 5). Otros tipos de residuos también son generados (otros, en la figura 5) (ej. mancha de yuca, afrecho de yuca, bagazo, vástago o seudotallo de plátano, porcinaza, ceniza, mantillo de bosque, pluma de pollo, equinaza y cuyinaza), pero pocos encuestados los generan (< 10% de los encuestados). Los otros subproductos que hace referencia el párrafo anterior se producen, en sistemas no tradicionales en la zona. Se exceptuó la mancha de yuca, la cual se genera a partir del procesamiento de la misma a nivel agroindustrial y es común en esta zona del departamento del Cauca. El 90 por cien de los agricultores de esta subcuenca la producen (Hernández, 1996).

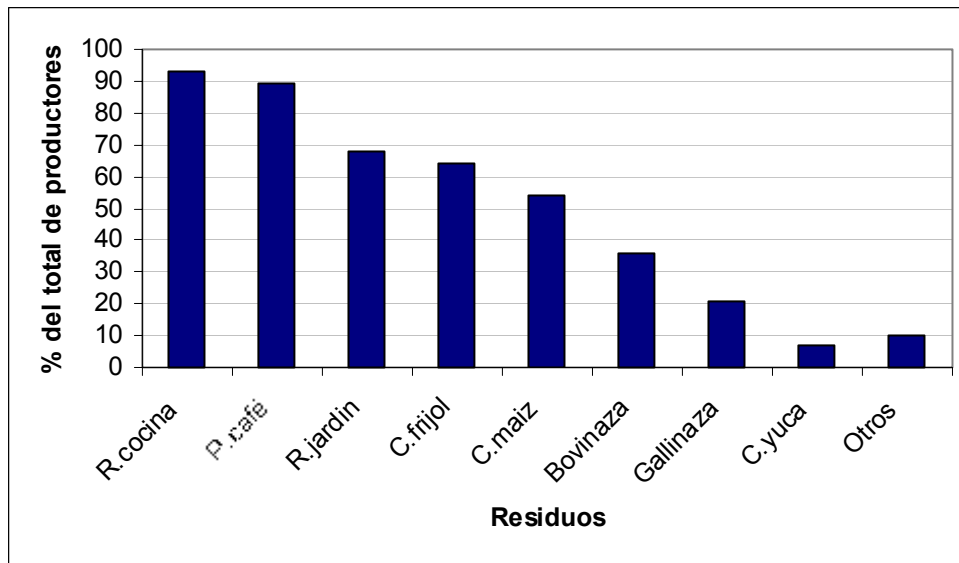


Figura 5: Porcentaje del total de fincas o agroempresas que producen algún tipo de residuo orgánico.

(R.cocina: residuos de cocina; R. jardín: residuos de jardín; C.frijol: cascarilla de frijol; C.maíz: cascarilla de maíz; C.yuca: cascarilla de yuca).

Lo anterior figura solo establece una comparación con los residuos más comunes que son obtenidos por los agricultores pero no representa las cantidades producidas. Por ejemplo, la cascarilla de yuca no es un residuo común (la producen solo el 7% de los encuestados), pero la cantidad producida al año es alta (media de 474 t./año), igual que la bovinaza (producida por el 35% de los encuestados) con una producción media de (7.9 t./año) y según Hernández, (1996), aproximadamente un 15% de las fincas de la subcuenca del Río Cabuyal, están dedicadas a la ganadería (ver Figura 6). Aunque los residuos de cocina fueron los más comunes (93%), la cantidad promedio generada por los productores encuestados no fue tan alta (1.4 t./año). Pulpa de café es otro de los residuos más comunes con mayor producción; seguido de gallinaza, residuos de jardín, cascarilla de frijol, residuos de cocina y finalmente residuos de maíz (Figura 6).

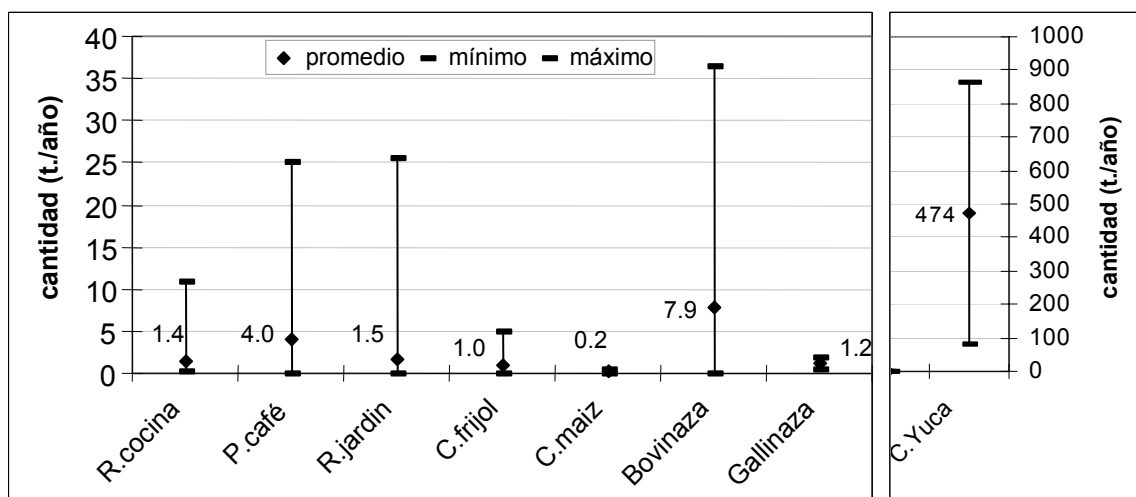


Figura 6: Cantidades de residuos generados anualmente por los productores encuestados

En esta zona del municipio de Caldon predominan los cultivos misceláneos como café, yuca (siembra asociada generalmente con frijol y/o maíz), y plátano) (Hernández, 1996). Esto explicaría el porqué del tipo de residuos que se generan, los cuales provienen de los cultivos tradicionales como los registrados en la tabla 9 según el consorcio URPA en 1996¹⁰ donde se observan datos de producción agrícola en el municipio de Caldon.

Tabla 9. Producción agrícola en el Municipio de Caldon

| Producto | producción (t) | Área sembrada (ha) | Rendimiento (t./ha) |
|----------|----------------|--------------------|---------------------|
| café | 2.247 | 1.870 | 0.84 |
| Fríjol | 1.000 | 1.500 | 1.5 |
| Fríjol | 50 | 25 | 0.5 |
| Maíz | 70 | 42 | 0.6 |
| Yuca | 300 | 2.454 | 8.2 |
| Plátano | 330 | 495 | 1.5 |

Fuente: Consorcio Interinstitucional para una agricultura sostenible en laderas- CIPASLA

¹⁰ Unidad Regional de Planificación Agropecuaria (Colombia)

De aproximadamente 210 rallanderías instaladas en el departamento del Cauca, diez pertenecen al municipio de Caldono y tres de ellas pertenecen a la subcuenca del Río Cabuyal. Los promedios de conversión en el procesamiento de yuca son: afrecho 9%, mancha 1%, almidón 22%, cascarilla de yuca 3.2%. El rendimiento promedio en el departamento es de 8.3 t./ha (Alarcón, 1998). Lo anterior significa que en las rallanderías de la subcuenca del Río Cabuyal probablemente generan 650 t./año de cascarilla de yuca, las cuales no están siendo aprovechadas de la mejor manera.

6.1.2. Épocas de producción de los residuos

La producción de pulpa de café es frecuente y uno de los residuos con mayor producción en zona. Las dos épocas producción de café en el año son: cosecha, Marzo – Junio, y travesía, Octubre – Diciembre. La cascarilla de maíz y frijol se produce en las temporadas de cosecha de este tipo de cultivos y la frecuencia varía entre productores, dada las diferentes épocas escogidas para la siembra. El cambio en los periodos de generación se concentra probablemente en los periodos de invierno donde se acentúa la producción agrícola con cultivos de ciclo corto como frijol y maíz. Los residuos de jardín se generan según las veces al año que realice la poda en el predio, pero en general, se producen trimestral y bimestralmente (18 y 14% de los encuestados respectivamente). Los residuos de la agroindustria y los residuos de cocina se generan diariamente. La gallinaza (Pocos la producen: galpones de 50 a 250 pollos en la zona) difiere en épocas de producción. Por lo general este residuo se genera semestral, trimestral y cuatrimestralmente (Figura 7). Diferencias en las épocas de producción o generación de residuos dependen de la dinámica en los sistemas de producción. El registro completo de los residuos se encuentra detallado en el [Anexo E](#).

La dinámica observada en la generación de residuos parece estar definida por la variación climática (precipitación y periodos de sequía). Probablemente también depende de las preferencias en la producción agrícola. Según Hernández, (1996) la subcuenca del Río Cabuyal esta influenciada por dos microregiones. En la micro región I (1000 a 1500m.s.n.m.), el cultivo mas importante es la yuca en monocultivo o en asocio con maíz y frijol. Ciertamente bajo estos criterios, los residuos generados estarán influenciados por este tipo de cultivos. Sin embargo se destaca que hay mayor generación de pulpa de café debido a que en la microregión II (1500 a 2000 m.s.n.m.), predomina el café intercalado con plátano, y fue en esta zona donde se concentró la aplicación de la encuesta.

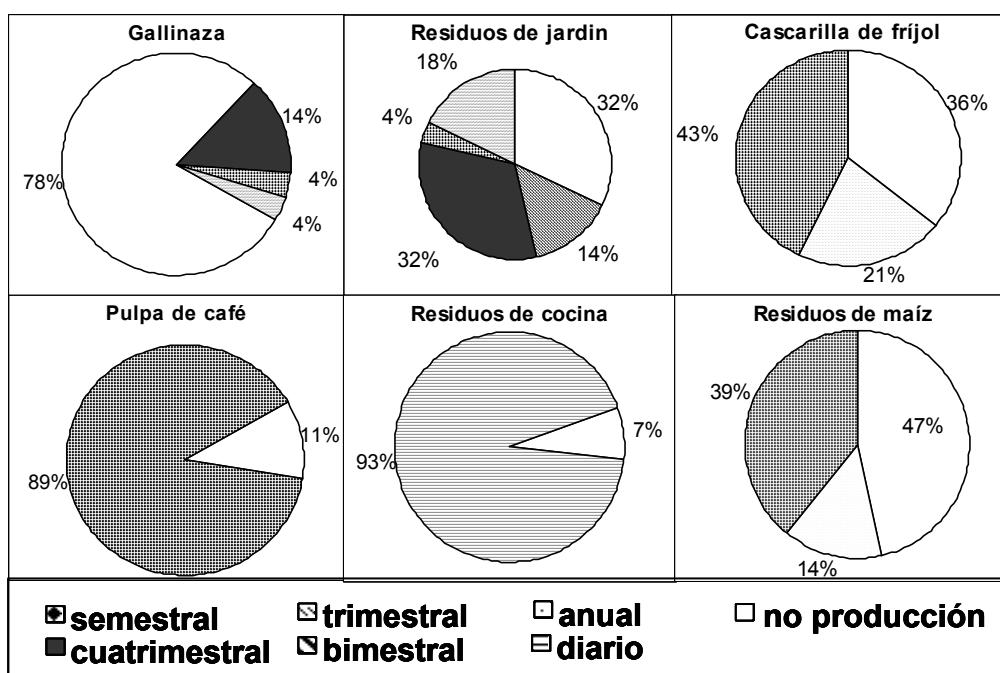


Figura 7: Frecuencias de producción de los residuos generados en la zona en porcentajes del total de productores encuestados

6.1.3. Destino de los residuos

Fuera del compostaje (que representa el 51% del total de respuestas más comunes por los encuestados), los residuos generados en las fincas pueden ser

adicionados directamente a los cultivos sin ningún grado de descomposición (29% del total). Otros residuos son utilizados como alimento para los animales domésticos (ej. residuos de cocina, 11%), otros son arrojados a una fosa donde sin ningún tipo de cuidado se descomponen naturalmente (5%), y solo unos pocos no disponen de los residuos que no se usan en compostaje. (Tabla 10). Los productores dicen que en general todos los residuos provenientes de las actividades agropecuarias son reintegrados a los sistemas de producción en las fincas. Este hecho confirma lo dicho por Labrador (2001) quien menciona que este tipo de subproductos pueden ser usados como abonos orgánicos y también como sustratos en forma directa o después de un proceso de transformación física y bioquímica como el compostaje.

Tabla 10: Destino de los residuos orgánicos producidos en sus fincas, según los productores (Los productores en el momento de la encuesta dieron mas de una respuesta, lo cual determina que el cien por ciento de la información es el total de respuestas dadas.

| Uso / destino | # de respuestas | Porcentaje (%) |
|---------------------------------|-----------------|----------------|
| Compostan parte de los residuos | 28 | 51 |
| Adicionan a cultivos | 16 | 29 |
| Base de alimento para animales | 6 | 11 |
| Los botan a una fosa | 3 | 5 |
| No disponen de ellos | 2 | 4 |
| Total de respuestas | 55 | 100 |

El uso de los residuos orgánicos por los productores viene de épocas remotas. Según Luque (1997) los residuos orgánicos, especialmente los de origen agropecuario, son utilizados por los agricultores en sus practicas de apoyo a la fertilización de cultivos o como mejoradores de suelos. De hecho, el destino final de los residuos orgánicos debería ser el suelo ya que este está en capacidad de recibir y transformar los residuos orgánicos, gestionados o no (Gómez, 2000).

6.1.4. Residuos y sustratos más comunes utilizados en el compostaje por parte de los productores encuestados

La gallinaza es el residuo que más se usa para preparar el compost por los encuestados (93%), seguido de la pulpa de café y la cal agrícola (79%). Sin embargo, miel de purga, desechos de cocina, levadura, tierra, bovinaza, cascarilla de frijol, ceniza, cascarilla de yuca y residuos de jardín, son también tenidos en cuenta (25-68% de los productores). Otros residuos como mantillo de bosque, cascarilla de maíz y bagazo de caña son así mismo usados, pero por pocos productores (9%) (Figura 8). La gallinaza, cal agrícola, miel de purga y levadura son sustratos adquiridos en el mercado local. Estos sustratos son utilizados para acelerar la descomposición y enriquecer el producto final. Según Intec (1999) estos sustratos contienen una combinación de microorganismos y nutrientes desarrollada, para iniciar y acelerar el proceso. Estos aditivos también aumentan los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio del compost, lo que da un producto final de mejor calidad. El uso de este tipo de residuos Según Labrador, (2001) y Bongcam, (2003), enriquecen la vida bacteriana, aportan un complemento importante de materia orgánica, nitrógeno, etc, y son la principal fuente energética de los abonos orgánicos. Con el uso de cal se pasteriza los restos orgánicos que pueden estar contaminados y además regula la acidez que se presenta durante todo el proceso de fermentación. Los materiales usados por los productores encuestados están relacionados con las recomendaciones de los autores que trabajan en compostaje.

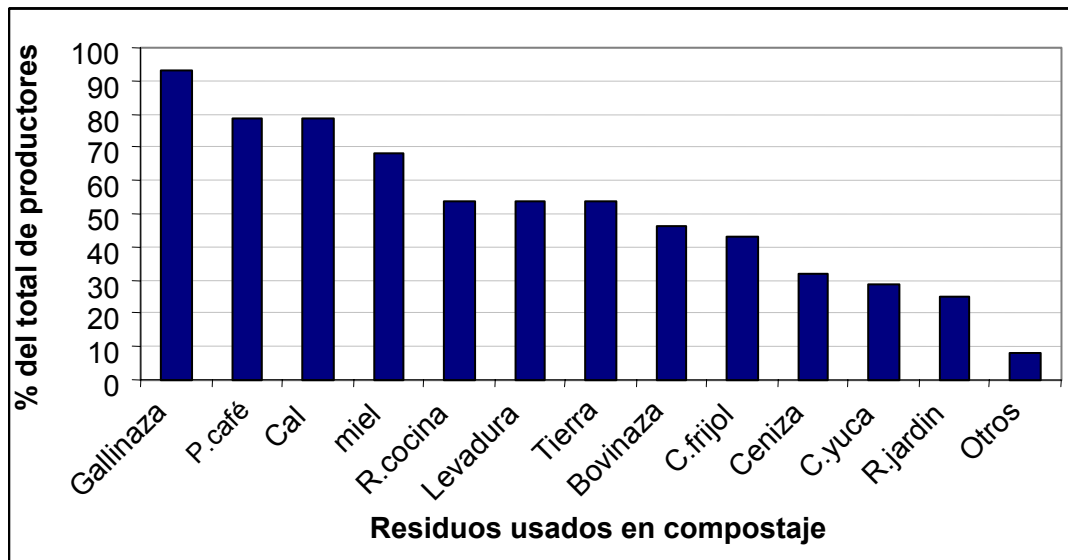


Figura 8: Porcentaje de productores que usan un determinado tipo de residuo o sustrato en sus pilas de compostaje

Por ejemplo Costa et al. (1991) sugiere que los residuos claves a usar en compostaje pueden ser materiales orgánicos compuestos por residuos “marrón¹¹” (Hojas de hortalizas, restos de cosechas, restos o virutas de madera, papel y cenizas), todos con alto contenido de carbón) y residuos “verdes¹²” (recorte fresco de césped y material podado, aserrín, pulpa de café, altos en nitrógeno). Además sugiere que un sistema de compostaje debe contener materiales fuente de microorganismos como compost viejo, tierra y estiércol de animales. Los sustratos sugeridos por el autor son tenidos en cuenta por los productores encuestados.

6.1.5. Composición de una pila de compostaje

De acuerdo a la información suministrada, la gallinaza y la pulpa de café generalmente ocupan un 20 – 40 % (en peso) de la pila de compostaje de los

¹¹ Materiales con un alto contenido de carbono

¹² Materia orgánica con un alto contenido en nitrógeno, más específicamente materiales con una relación C/N menor que 30:1.

productores encuestados. En general, los productores creen necesario utilizar cal agrícola y miel de purga, y tales residuos ocupan (< 5%) de la pila. Los residuos de cocina son utilizados en una proporción en peso que va de 0 a 10%. La bovinaza presenta la mayor variación en las proporciones utilizadas (0 a 40%). Son pocos los productores que usan residuos de jardín y levadura (0 a 5%). El resto de los residuos no son muy usados por los productores. (Ver Tabla 11).

Tabla 11. Número de productores que usan el residuo en la proporción indicada (Todos los porcentajes dados, son proporciones en peso del total de la mezcla)

| Residuo | % | | | | | |
|---------------|-------|--------|---------|---------|---------|----------|
| | 0 - 5 | 5 - 10 | 10 - 20 | 20 - 40 | 40 - 60 | 60 - 100 |
| Gallinaza | 1 | 1 | 7 | 8 | 6 | 3 |
| Pulpa de café | 0 | | 4 | 9 | 6 | 3 |
| Cal | 18 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Miel | 16 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Tierra | 3 | 4 | 1 | 5 | 2 | 0 |
| R.cocina | 8 | 4 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| Bovinaza | 3 | 2 | 3 | 4 | 0 | 1 |
| C.frijol | 7 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Ceniza | 8 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| C.yuca | 0 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 |
| R.jardin | 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Levadura | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mantillo | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| Pollinaza | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Bagazo | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| C.Maíz | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Afrecho | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

6.1.6. Uso y dosis del compost en los diferentes cultivos

El común de los productores encuestados usa su compost en el cultivo de café (22.2%). Sin embargo es también utilizado frecuentemente en los cultivos de: Frijol, plátano y maíz, 18.1%, 15.3% y 9.7% respectivamente (Figura 9). Mientras que es dosificado en mayores cantidades para cultivos de frutales, plátano, hortalizas y verduras. Las cantidades usadas en el cultivo de plátano, van de 3 a 5

Kg./planta aproximadamente; pero hay un mínimo de productores que utilizan hasta 50 Kg./planta, lo cual aumenta la variabilidad en los datos (Tabla 12).

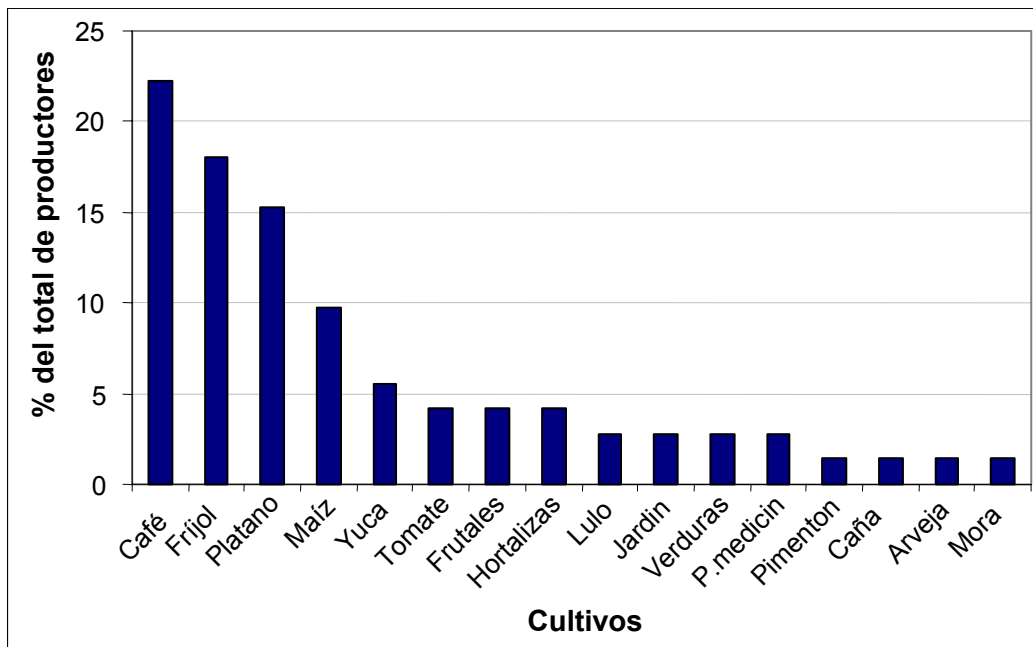


Figura 9: Cultivos de preferencia para la aplicación de compost

La dosis de aplicación de compost en el café, está entre 1-3 Kg./planta. Las dosis para los demás cultivos, presentan promedios bajos, sin diferencia entre las cantidades mínimas y máximas (0.2 a 1.5 Kg./planta en promedio). Para el caso de cultivos trimestrales como frijol, y maíz; y anuales como el cultivo de yuca, las cantidades usadas son siempre constantes (0.2 a 0.5 Kg./planta). Los tres cultivos mencionados se siembran de forma asociada.

Costa et al. (1991) sugiere que las dosis de compost adecuadas son de 20 a 50 t./ha para cultivos con grandes necesidades de humus, y de 25 a 40 t./ha para cultivos forrajeros. Autores como Bongcam (2003), sugieren 10 a 30 gramos en la base de siembra para hortalizas de hoja; para hortalizas de tubérculo hasta 80 gramos; para cultivos como tomate, papa y pimentón sugiere adicionar 100 a 120

gramos; y para frutales adultos puede aplicarse según la edad de 2 a 5 Kg por árbol anualmente. Además para especies semestrales se pueden hacer dos aplicaciones. es importante experimentar hasta determinar la dosis requerida ya que la cantidad de abono a ser aplicado esta condicionada principalmente a la fertilidad del suelo, al clima de la zona, a la calidad y contenidos del compost a aplicar y la exigencia nutricional de las plantas (Restrepo, 1996).

Tabla 12: Usos del compost por los productores encuestados

| cultivos | Mínimo (Kg) | Promedio(Kg) | Máximo (Kg) |
|---------------------|-------------|--------------|-------------|
| Café | 0.5 | 1.5 | 3.0 |
| Frijol | 0.1 | 0.5 | 1.0 |
| Platano | 1.0 | 8.1 | 50.0 |
| Maíz | 0.1 | 0.6 | 1.0 |
| Yuca | 0.15 | 0.6 | 1.5 |
| Tomate | 0.9 | 1.1 | 1.5 |
| Frutales | 0.5 | 17.3 | 50.0 |
| Hortalizas | 0.2 | 3.7 | 10.0 |
| Lulo | 0.8 | 0.9 | 1.0 |
| Jardín | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| Verduras | 2 | 6.0 | 10.0 |
| Plantas medicinales | 0.2 | 0.9 | 1.5 |
| Pimentón | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Caña | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| Arveja | 0.15 | 0.15 | 0.2 |
| Mora | 1.0 | 1.0 | 1.0 |

Según Kiehl (1985); Martínez y Gómez (1995) y Prado (1998), de la dosis de compost requerida se puede calcular el equivalente de lo que correspondería a un fertilizante soluble de síntesis y corregido por velocidad de liberación. Por ejemplo, si la dosis requerida son 300 Kg de fertilizante químico entonces la cantidad de abono orgánico (Q) se calcula:

$$Q = 300 \times A \times B = 3000 \text{ a } 12000 \text{ Kg (A x B, entre 10 y 40), siendo}$$

A = Factor de concentración que va desde 5 (gallinazas con mas del 9% de la sumatoria N+P+K) hasta 10 (otros abonos con solo 4.5% de dicha sumatoria)

B = 2 ó 4, si el abonado es semestral o anual (factor de liberación).

6.1.7. Criterios para evaluar la madurez y estabilidad del compost

Los productores que practican el compostaje tienen criterios para evaluar la madurez del compost, los cuales determinan cuando es posible usarlo. La facilidad de manejar el compost (textura suave) es el criterio de mayor frecuencia entre los productores encuestados. Sin embargo otros criterios como temperatura estable del compost, (igual a la temperatura ambiente), disminución de olor, porcentaje de humedad bajo (compost seco), y el cambio de color (color oscuro) también sirven, según los productores, para determinar que el compost ya puede ser usado (Tabla 13). Estos criterios de los productores son consecuentes con los parámetros indicados por varios autores. Por ejemplo Costa et al. (1991) y Labrador (2001) muestran que uno de los métodos más útiles para determinar la madurez y estabilidad del compost es el método de observación (olor, temperatura estable, color, y peso específico). Ambos autores además mencionan otros métodos útiles que están asociados a la verificación en laboratorio, como el análisis respirométrico, determinación de: pH, relación C/N, NH_4^+ y SH_2 , demanda bioquímica de oxígeno (DQO), capacidad de cambio catiónica (CCC), etc. Según Labrador (2001), otra forma de determinar en casa la madurez del compost, es colocando una bolsa de compost levemente mojado en una bolsa plástica. El compost maduro emitirá un suave olor a tierra al abrir la bolsa después de una semana de almacenamiento a temperatura ambiente (20 a 30 °C). Si es un compost inmaduro tendrá una fermentación anaeróbica que producirá un olor séptico. Esta técnica no ha sido empleada por los productores, pero se puede sugerir como alternativa.

Tabla 13: Criterios usados por los productores encuestados para determinar si el compost esta listo para su uso en los sistemas de producción

| Criterios | Respuestas | % |
|------------------|-------------------|--------------|
| Manejo | 20 | 45.5 |
| Temperatura | 7 | 15.9 |
| Olor | 6 | 13.6 |
| Humedad | 6 | 13.6 |
| Color | 5 | 11.4 |
| Total | 44 | 100.0 |

6.1.8. Ventajas / desventajas del uso del compost para los productores

Los productores se basan en los resultados que obtienen con el uso del compost en sus cultivos para definir ventajas y desventajas. Entre las ventajas se destaca el efecto del compost en el aumento de la producción (especialmente café y frijol) con un 32% del total de respuestas. Los productores también consideran que el compost es un excelente fertilizante. Este criterio fue tenido en cuenta por 10 productores que representan el 21.7% del total de criterios (Tabla 14) ([ver Anexo E](#)).

Tabla 14: Ventajas y desventajas del uso del compost de acuerdo a los resultados obtenidos mediante la aplicación en sus cultivos

| ventajas | respuestas | % |
|---|-------------------|-------------|
| Excelente producción | 15 | 32.6 |
| Excelente fertilizante | 10 | 21.7 |
| Menos incidencia de plagas y enfermedades | 6 | 13.0 |
| Mejora de suelos | 5 | 10.9 |
| Calidad de la cosecha | 3 | 6.5 |
| Calidad ambiental | 3 | 6.5 |
| Calidad de vida | 2 | 4.3 |
| Aprovechamiento de los residuos de la finca | 2 | 4.3 |
| Totales | 46 | 100. |
| desventajas | respuestas | % |
| Mal manejo del sistema de compostaje | 4 | 33.3 |
| Porcentaje de germinación muy bajo | 4 | 33.3 |
| Producción baja | 3 | 25.0 |
| Totales | 12 | 100 |

Cubero (1994) y Labrador (2003) afirman que el uso del compost ofrece ventajas importantes tanto para los cultivos como para el sustrato suelo. Entre ellas destacan el aumento en la capacidad de retención de agua, aumento en la capacidad de intercambio cationico (C.I.C.), y el aumento en el intercambio de nutrientes del suelo a las plantas. Restrepo (1996), afirma que los productores que utilicen abonos orgánicos en sus cultivos además de proteger el medio ambiente, mejoran gradualmente la fertilidad del suelo, contribuyendo al logro de cosechas más seguras y eficientes, mejorando la rentabilidad y permitiendo tener mayores opciones económicas y bajos costos de producción. Estos aspectos fueron ratificados por los productores encuestados.

Pocos productores mencionan que el compostaje tiene algunas desventajas sobre todo cuando no hay un manejo adecuado del sistema. El uso del compost en las condiciones anteriores puede ocasionar que el porcentaje de germinación baje al igual que la producción. Estos aspectos fueron mencionados por pocos productores. También los productores refieren que una desventaja importante es la baja disponibilidad del fósforo en el compost obtenido, siendo este un factor limitante, teniendo en cuenta que los suelos de esta zona son pobres en este nutriente. El análisis de laboratorio muestra valores de fósforo dentro del rango mencionado por Cubero (1994), entre 0.1 y 1.6%. Diferentes autores que trabajan en compostaje refieren que las desventajas están directamente relacionadas con el mal manejo del sistema.

6.1.9. Costos de inversión por los productores encuestados.

En promedio la inversión que hacen los productores en gallinaza para una pila de compostaje es de \$158.000. Este subproducto en el mercado local tiene un costo promedio de \$ 4.000/bulto de 40 Kilo, y la cantidad requerida depende de los

requerimientos de los cultivos y de la producción de residuos en la finca para homogenizar la mezcla. La cascarilla de yuca para los productores tiene un promedio de inversión alto por pila de compostaje, (\$70.000), costo que está directamente relacionado con los costos de transporte desde las agroindustrias (rallanderías) de la zona hasta el lugar de montaje de las pilas de compostaje. El resto de los residuos no presentan costos muy altos: pulpa de café \$ 35.000, pollinaza \$42.000, cascarilla de arroz \$28.000, bovinaza \$22.000, residuos de jardín \$12.000 y otros como cascarilla de frijol, residuos de maíz, ceniza, mantillo de bosque y miel de purga presentan promedios de inversión menor a \$10.000 (Tabla 15) (Ver registro detallado en [Anexo G](#)). Los costos estimados por los productores están directamente relacionados con el tiempo invertido en desplazar los residuos hasta el lugar del montaje de la pila o sistemas de compostaje. Los costos de inversión reales están relacionados con los sustratos o enmiendas utilizadas en compostaje e implican que se debe realizar una inversión económica ya que estos sustratos o residuos deben adquirirlos en mercado local.

Tabla 15: Costos de inversión en residuos comunes entre los encuestados

| Residuos | Promedio | Maximo | Minimo | Clasifica |
|----------------------|-----------------|---------------|---------------|------------------|
| Gallinaza | \$158,865 | \$1,200,000 | \$ 6,000 | Real |
| Cascarilla de yuca | \$ 66,900 | \$ 160,000 | \$ 2,000 | Real |
| Pollinaza | \$ 41,000 | \$ 168,000 | \$ 2,000 | Real |
| Pulpa de café | \$ 35,364 | \$ 200,000 | \$ 2,000 | Estimado |
| Cal agricola | \$ 28,466 | \$ 200,000 | \$ 600 | Real |
| Bovinaza | \$ 22,385 | \$ 75,000 | \$ 2,000 | Estimado |
| Residuos de jardin | \$ 11,833 | \$ 20,000 | \$ 2,000 | Estimado |
| Cascarilla de frijol | \$ 9,393 | \$ 45,000 | \$ 1,500 | Estimado |
| Tierra | \$ 8,063 | \$ 30,000 | \$ 1,000 | Estimado |
| Residuos de | \$ 7,633 | \$ 30,000 | \$ 1,000 | Estimado |
| Ceniza | \$ 6,571 | \$ 20,000 | \$ 1,000 | Estimado |
| Miel | \$ 6,203 | \$ 30,000 | \$ 1,500 | Real |
| Mantillo de bosque | \$ 4,125 | \$ 10,000 | \$ 1,000 | Estimado |
| Levadura | \$ 3,280 | \$ 7,500 | \$ 800 | Real |
| Residuos de maíz | \$ 1,500 | \$ 2,000 | \$ 1,000 | Estimado |

Real: Costos de los sustratos comprados en el mercado

Estimado: Indican un valor estimado a los residuos generados en la finca

6.1.10. Mezcla, composición y costos de producción para una pila de compost idónea.

Con los costos estimados típicos para los productores y utilizando como base de calculo una tonelada, se obtuvieron los costos de producción suponiendo que las perdidas en el proceso son del 30%, obteniendo al final 700 Kg. De hecho, García (2000) menciona que se pueden obtener valores de reducción de materiales desde el 12% hasta valores superiores al 50% dependiendo de los materiales de partida. Con el 30% de perdidas se llego al valor de \$126.2, el cual es el costo que representa producir un kilogramo de compost, para los productores encuestados (ver Tabla 16).

Tabla 16. Costos de producción para una pila de compost idónea

| Tipo de residuos | Composición de la pila | | Perdidas del 30% | Costos estimados | |
|-------------------------|------------------------|----------------|------------------|------------------|---------------|
| | % | Kg | Kg obtenidos | (\$/kg) | (\$/t) |
| Pulpa de café | 22.64 | 226.45 | 158.51 | 20 | 4,529 |
| Gallinaza | 20.33 | 203.30 | 142.31 | 80 | 16,264 |
| Tierra | 13.74 | 137.43 | 96.20 | 10 | 1,374 |
| Cascarilla de yuca | 13.72 | 137.18 | 96.03 | 22 | 3,018 |
| Bovinaza | 11.41 | 114.07 | 79.85 | 25 | 2,852 |
| Residuos de cocina | 4.73 | 47.28 | 33.09 | 40 | 1,891 |
| Cascarilla de frijol | 3.73 | 37.31 | 26.12 | 167 | 6,230 |
| Cascarilla de maíz | 3.45 | 34.53 | 24.17 | 15 | 518 |
| Ceniza | 2.41 | 24.06 | 16.84 | 78 | 1,877 |
| Cal agricola | 2.08 | 20.84 | 14.59 | 170 | 3,543 |
| Residuos de jardin | 1.54 | 15.41 | 10.79 | 168 | 2,589 |
| Miel de purga | 0.18 | 1.84 | 1.28 | 1500 | 2,753 |
| Levadura | 0.03 | 0.30 | 0.21 | 3000 | 900 |
| Mano de obra 4 jornales | | | | | 40,000 |
| TOTALES | 100% | 1000.00 | 700.00 | 126.20 | 88,338 |

* Residuos mayormente utilizados por los productores encuestados.

** Porcentajes más comunes entre los encuestados para una mezcla idónea.

Los gastos monetarios realmente efectuados por el productor son los materiales que necesariamente tienen que adquirir en el mercado como gallinaza, cal agrícola, miel de purga, levadura. Adicionalmente el productor asume el costo de

la mano de obra empleada durante el proceso que puede ser ejecutada por el productor o en su defecto pagar una persona que realice dicha labor. Los costos de producción del compost son altos, teniendo en cuenta que se aproximan al valor sugerido por Gómez (2000), para fines comerciales (\$150/Kg). Para abonos orgánicos (productos con un contenido de N, P, K mayor o igual al 4%) (Restrepo, 1996 y Bongcam, 2003) mencionan que los precios de los abonos de síntesis química comparados con los precios del compost son bajos (relación aproximada de 1:10). Sin embargo, para el caso de este estudio, la relación obtenida fue de 1:7.5 (7.5 bultos de compost, por cada bulto de fertilizante químico). Según Gómez et al. (2000), en el mercado el precio de venta del compost oscila entre 150 \$/Kg, para una enmienda su costo por kilogramo se encuentra entre \$60 - \$80, si por lo contrario es un acondicionador de suelos su precio por kilogramo se encuentra entre \$40 – \$60. A los productores del caso estudio, un kilogramo de compost le cuesta producirlo \$126; lo que indica que si dicho compost se utiliza para fines comerciales tendría que venderlo por un valor superior al costo de producción. Por lo anterior, los productores deben garantizar que su producto final sea catalogado como abono orgánico.

6.2. PRODUCTORES QUE NO USAN COMPOSTAJE

6.2.1. Cuantificación de residuos

Al igual que los productores que compostan, los que no lo hacen generan residuos de cocina (78%), pulpa de café (67%), residuos de jardín (44%), cascarilla de yuca (22%), etc. Sin embargo en este caso se encuentran cuantificados los residuos de tres (3) de los encuestados que poseen rallanderías. La cascarilla, mancha y afrecho de yuca son residuos comunes en este tipo de

agroindustrias y por eso se registran porcentajes mayores del 20%. Otros residuos como cascarilla de frijol y maíz, bagazo, bovinaza y equinaza registran valores de 11%. El cien por ciento de los datos esta representado por nueve (9) productores (Figura 10).

6.2.2. Promedios de producción

El promedio de los residuos agroindustriales presenta una alta variación con respecto a las cantidades máximas y mínimas ya que la capacidad de producción varía mucho entre rallanderías. La cascarilla de yuca tiene un promedio de producción anual de 18.000 Kg./año, mientras que la mancha registra un promedio de 25.000 Kg./año. Sin embargo hay una rallandería que genera 6.000 Kg./año, mientras que la de mayor capacidad produce 45.000 Kg./año (ver Figura 11).

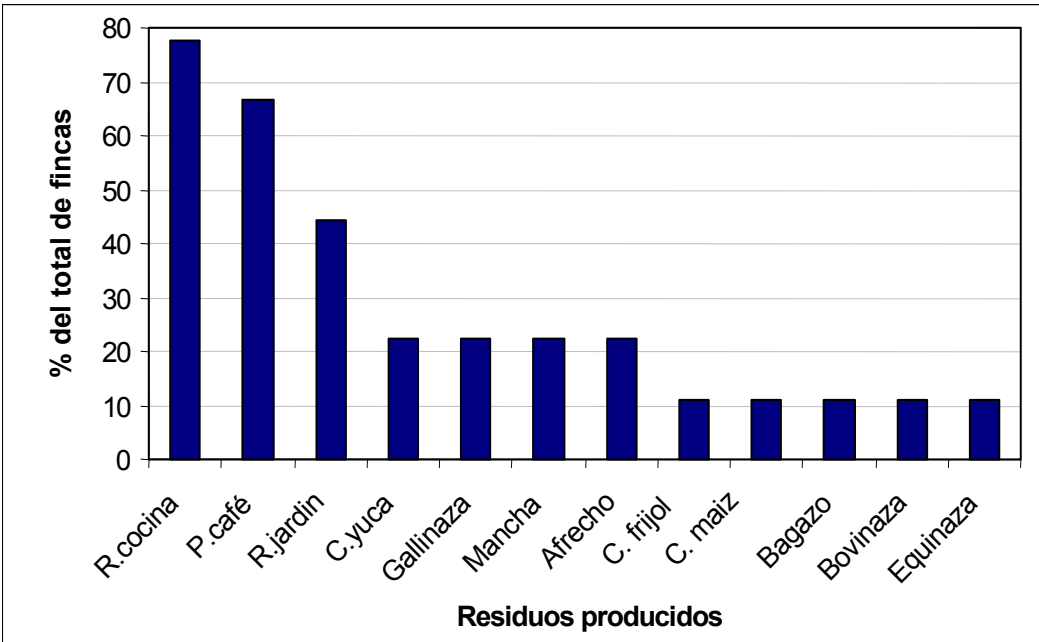


Figura 10: Porcentaje de fincas o agroempresas que producen algún tipo de residuo orgánico pero que no lo usan para compostaje. (R.cocina: residuos de cocina; P.café: pulpa de café; R. jardín: residuos de jardín; C.yuca: cascarilla de yuca C.frijol: cascarilla de frijol; C.maíz: cascarilla de maíz;).

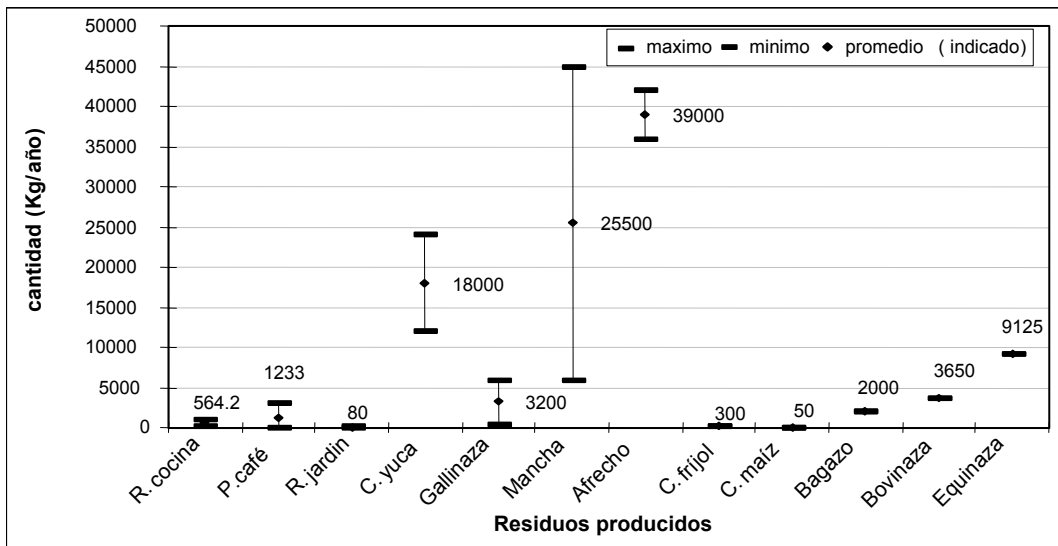


Figura 11: Promedios de producción y cantidades máximas y mínimas de residuos generados por los productores que no usan compostaje

Las frecuencias de producción de estos residuos, son iguales a la registrada para los que usan compostaje. Los residuos agroindustriales se producen diariamente.

6.2.3. Razones para no usar compostaje

En general estos productores dicen no usar el compostaje por dos razones: 1. No tienen conocimiento sobre el tema, y 2. no les queda tiempo para realizar la práctica. Los rallanderos que no compostan justifican no hacerlo porque su interés básico está en la producción de almidón agro y no en la producción de compost. Sin embargo afirman que han usado la cascarilla de yuca aplicándola directamente en algunos cultivos como el plátano.

6.3. SEGUIMIENTO ESTUDIOS DE CASO

La metodología empleada por los agricultores para el montaje y seguimiento de un sistema de compostaje no presenta variación. Los tres (3 productores) inician el procedimiento¹³ con la limpieza del área de disposición de la pila. Con anticipación preparan los residuos y sustratos a usar en el sistema. La pulpa de café, gallinaza, cal dolomita, miel de purga y levadura son usados por los 3 productores; mientras que la cascarilla de yuca y calfomag fueron empleados por sólo dos de ellos. Otros residuos y sustratos como sulfato de magnesio agrícola, buenazas¹⁴, biosolnew¹⁵, sisgo, lombricompuesto, compost maduro, cascarilla de fríjol y hoja de hacedero, fueron empleados en forma individual (Tabla 17). Los residuos son colocados en capas. Generalmente colocan los residuos de mayor abundancia en las primeras . La miel de purga y la levadura son mezcladas previamente en mínimo 10 litros de agua. La mezcla anterior junto con la cal fue adicionada a medida que se distribuían las capas.

¹³ Montaje de una pila de compostaje con los residuos

¹⁴ Mezcla de plantas que crecen donde no son deseadas, generalmente no tienen valor económico, interfieren con el crecimiento de los cultivos y su recolección, pero son beneficiosas para este tipo de prácticas después de podadas.

¹⁵ Acondicionador orgánico de suelos, acompañante ideal para las fertilizaciones foliares y edáficas de elementos mayores y menores, que ayuda a la asimilación de los mismos por su poder de quelatación y complejación.

Tabla 17: Cantidad y composición de residuos y sustratos usados por los tres productores

| Residuos | RM | | JB | | CT | |
|------------------------------|-----|-------|-------|-------|-----|------|
| | Kg | (%) | Kg | (%) | Kg | (%) |
| Pulpa de café | 200 | 32.36 | 1030 | 44.59 | 60 | 21.4 |
| Gallinaza | 50 | 8.09 | 500 | 21.65 | 50 | 17.9 |
| Miel de purga | 2 | 0.32 | 1.5 | 0.06 | 1 | 0.4 |
| Agua | 40 | 6.47 | 20 | 0.87 | 10 | 3.6 |
| Cal dolomita | 13 | 2.1 | 2 | 0.09 | | |
| Cascarilla de yuca | | | 530 | 22.95 | 150 | 53.6 |
| Calfomag | 8 | 1.29 | | | 4 | 1.4 |
| Lombricompuesto | 160 | 25.89 | | | | |
| Sulfato de magnesio agrícola | 5 | 0.81 | | | | |
| Compost viejo | 140 | 22.65 | | | | |
| Levadura | | | 0.25 | 0.01 | | |
| BiosolNew | | | 1 | 0.04 | | |
| Buenazas | | | 40 | 1.73 | | |
| Hoja de nacedero | | | 80 | 3.46 | | |
| Cascarilla de frijol | | | 105 | 4.55 | | |
| Sisgo de arroz | | | 0 | | 5 | 1.8 |
| Total | 618 | 100 | 2.310 | 100 | 280 | 100 |

RM: Rodolfo Muñoz, JB: José Beltrán, CT: Carlos Trujillo

6.3.1. Caracterización de los 3 compost

Las proporciones usadas de pulpa de café por los 3 productores están entre 22% y 32% del total del peso de la mezcla (Tabla 17). La gallinaza es usada en proporciones que van desde 8% hasta 22%. Para acondicionar la humedad de la pila se adicionan cantidades de agua hasta que la humedad sea la adecuada, lo cual los productores prueban con la prueba de puño¹⁶. La miel de purga es usada en proporciones de 0.4% a 0.6%. El uso de la cascarilla de yuca presenta variación entre los productores (El productor JB utiliza el 23% de la pila mientras que CT, utiliza el 53.5% de la pila). Sin embargo ambos productores reconocen las bondades del uso de la cascarilla de yuca en experiencias anteriores donde

¹⁶ Consiste en tomar con la mano una cantidad de la mezcla y apretarla, de la cual no deberán salir gotas de agua entre los dedos y si deberá formar un terrón quebradizo en la mano (Restrepo, 1996).

obtienen el compost en menor tiempo (22 – 30 días) y mejores resultados en sus cultivos. También fueron usados otros residuos y sustratos como hojas de nacedero, cascarilla de frijol, sisgo de arroz, buenazas, levadura, biosolnew y sulfato de magnesio agrícola; todos ellos se adicionan en porcentajes bajos y de forma individual.

Los residuos principalmente usados por los productores han sido recomendados por varios autores. Por ejemplo la gallinaza, principal fuente de nitrógeno, mejora la fertilidad del suelo ya que también contiene nutrientes como P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu y B. La pulpa de café presenta características idóneas para compostaje ya que contiene un alto contenido de azúcares (fuente de energía), buena relación C:N (25:30) y un tamaño de partícula adecuado (Restrepo, 1996 y Soto, 2002). La miel de purga, sustrato de uso primordial para los productores, es la principal fuente energética ya que favorece el crecimiento microbiano; además es rica en P, Ca y Mg (Gómez, 1996).

6.3.2. Resultados del análisis químico de los composts

6.3.2.1. Contenido de carbono

El análisis de varianza muestra diferencias significativas para contenidos de carbono entre compost; sin embargo, los sistemas de compostaje presentaron niveles adecuados (entre el 23% y 29%) (Tabla 18). Por lo general todos los sistemas de compostaje, independientemente de los residuos de partida, presentan abundancia de este elemento; por ello son considerados enmiendas orgánicas (Costa et al., 1991). Sin embargo es importante aclarar que el análisis químico para los tres sistemas de compostaje se hicieron en la etapa inicial del proceso, y según Gómez (2000) la cantidad de carbono no es constante en un proceso de compostaje, pues varía bastante con el tiempo, en especial si no ha

sufrido un buen período de madurez. A medida que avanza un proceso de compostaje, el porcentaje de carbono disminuye, puesto que la mineralización conlleva a la desaparición de las formas más lábiles de éste (Costa et al., 1991). Sin embargo la materia orgánica que queda al final del proceso es mas policondensada y, por tanto, más favorable desde el punto de vista de formación de humus (Luque, 1997).

6.3.2.2. Contenidos de N-P-K

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre los compost en dichos contenidos. RM presentó los valores mas altos de N, P y K (3.35%) y JB presento los valores mas bajos (2.84) (Tabla 18). Ninguno de los 3 sistemas de compostaje analizados alcanzo valores superiores a 3.4% por lo tanto no pueden ser catalogados como abonos orgánicos a partir del concepto de la sumatoria de N-P-K, debido a que dichos valores están por debajo de 4%. Este límite se ha sugerido para Colombia por Gómez (2000), pero se aclara que solo aplica para fines comerciales. Importante destacar que los contenidos de N-P-K encontrados están dentro de los rangos reportados por Cubero (1994), quien menciona para el nitrógeno valores entre 0.4 – 3.5%, para el fósforo entre 0.1 – 1.6% y para el potasio entre 0.4 – 1.6%. Para cada elemento López (2002), contradice a Cubero (1994) y afirma que el contenido mínimo de P, en un compost no debe ser inferior al 0.5%. Para este estudio se observa que dos de los sistemas evaluados (CT y RM), a pesar de presentar diferencias altamente significativas, tienen contenidos de P, por encima de 0.5%. Los contenidos de K, ostentan valores entre 1 y 1.5% para los tres sistemas de compostaje en su etapa inicial; siendo estos relativamente bajos teniendo en cuenta que pueden disminuir en su etapa final o durante el proceso de estabilización. Según algunos autores consultados, los valores adecuados para un compost completamente estabilizado

(Etapa final) deben estar entre 1 y 1.5% y se esperaría que al final del proceso para los compost evaluados, el contenido de K este por debajo de 1.

6.3.2.3. Contenidos de Ca y Mg

Los tres (3) composts presentaron diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) para el Ca y diferencias significativas ($p < 0.05$) para el Mg. El del productor RM, registró los valores mas altos en contenido de magnesio y calcio (1.3% y 4.73% respectivamente). Estos altos contenidos de bases intercambiables en el compost del productor RM están aparentemente relacionados con las proporciones de cal dolomita agregada a la pila, y el uso adicional de sulfato de magnesio agrícola (0.8%) y calfomag (1.3%). (Ver Tabla 18). El Mg en el suelo se puede lixiviar más fácilmente que el calcio, pero según Gómez (2000), si proviene de abonos orgánicos tiene menos peligro de perdida.

En un proceso de compostaje se produce un aumento en el porcentaje de cenizas y con él, el de todos los elementos contenidos en la fracción mineral tales como P, K, Ca, Mg y Na; aunque dichos elementos pueden disminuir en algunos casos tal como lo plantea Costa et al. (1991).

Tabla 18: Composición de nutrientes de los compost analizados

| | Contenido de nutrientes (%) | | | | | | Relación | |
|---------------|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|---------|
| | C | N | P | K | Ca | Mg | C/N | C/P |
| CT | 28.28 a | 1.22 a | 0.61 a | 1.20 b | 1.64 a | 0.31 b | 23.09 a | 46.34 a |
| JB | 25.94 a | 1.41 b | 0.42 b | 1.01 b | 1.05 b | 0.32 b | 18.48 b | 61.87 b |
| RM | 23.12 ab | 1.03 c | 0.85 c | 1.48 a | 4.73 c | 1.30 a | 22.53 a | 27.29 c |
| Prob (P<F) | 0.0143 | 0.0016 | 0.0001 | 0.0103 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0008 | 0.0001 |

- muestras con igual letra no son estadísticamente significativas ($P < 0.01$) de acuerdo al análisis de varianza realizado
- CT: Carlos Trujillo, JB: José Beltrán, RM: Rodolfo Muñoz

6.3.2.4. Relaciones C:N y C:P

Las relaciones C:N y C:P también presentaron diferencias altamente significativas entre los compost evaluados. La relación C:N registró valores desde 18.48 hasta 23.09, siendo más alta en el compost del productor CT y más baja en el compost del productor JB (Tabla 18). El valor de las relaciones C:N para los tres compost, no es el mejor, ya que se encuentran por debajo del promedio requerido para el inicio del proceso. Labrador (2001) y Costa et al. (1991), mencionan que los microorganismos generalmente utilizan de 25 a 30 partes de carbono por una de nitrógeno, donde teóricamente esta relación es considerada optima a los materiales que se van a compostar. A medida que transcurre el tiempo de compostaje esta relación se hace cada vez menor, debido a la transformación de la materia orgánica y al desprendimiento de carbono en forma de CO₂. Si la relación C:N es superior a 35, el proceso de fermentación se alarga considerablemente y si es inferior a 25, se producen perdidas considerables de nitrógeno en forma de amoniaco y además supone perdidas de un importante elemento fertilizante como lo es el nitrógeno (Labrador, 2001; Costa et al., 1991; Kiely, 1999). Con el compost JB probablemente se produzcan las mayores perdidas de nitrógeno. La relación C:P registró valores desde 27.29 hasta 61.87. Esta relación (C:P) es importante ya que se debe garantizar que los microorganismos cuenten con un adecuado suministro de fósforo. La relación optima de acuerdo a Kiely (1999) para la etapa inicial en un sistema de compostaje está comprendida entre 75 -150:1. Ninguno de los compost evaluados esta ubicado dentro de este rango.

6.3.2.5. Resultados de análisis químico vs., normatividad

Si el análisis de nutrientes correspondiera a un compost maduro, se puede identificar y determinar si cumple con lo expuesto por la norma técnica Colombiana (NTC 5167 ICONTEC) (Tabla 19).

Tabla 19. Información Nutricional de los compost analizados Vs. Limite Norma para un compost maduro

| Parámetro | CT | JB | RM | Limite Norma Mínimo - Máximo |
|------------------|------|------|------|---------------------------------|
| Nitrogeno% | 1.22 | 1.41 | 1.03 | 1.5 |
| Fósforo% | 0.61 | 0.42 | 0.85 | 1.0 - 4.0 |
| Relación C:N | 23.1 | 18.5 | 22.5 | < 20 |
| Materia orgánica | ND | ND | ND | > 20% |

ND= no hay datos

Los contenidos de nutrientes para los compost analizados están por debajo de los límites establecidos para un compost estabilizado. Se esperaría que al final del proceso los contenidos aumentaran pero según la literatura consultada esto no se da, debido a que en el proceso, los contenidos disminuyen por la acción de los microorganismos que solubilizan y asimilan los nutrientes. Sin embargo se pueden considerar ampliamente como una enmienda orgánica (mejora la estructura del suelo), puesto que pueden aportar cantidades necesarias para la recuperación de un suelo escaso de ese nutriente. La materia orgánica no fue analizada en laboratorio.

6.3.2.6. Conclusiones

Durante la practica de campo es importante tener en cuenta los aspectos tratados por los agricultores dentro de la practica del compostaje, por Ej: volteos a determinadas horas del día, uso de variedad de residuos, uso de sustratos o

aditivos como miel, levadura, biosolnew, sulfatos, etc., los cuales apoyan y refuerzan los aspectos teóricos.

Mediante esta experiencia, es importante destacar el valor relativo de los desechos orgánicos con respecto a residuos inorgánicos. Son valorados por los productores en la producción de abonos orgánicos como alternativa para reemplazar los abonos de síntesis química logrando óptimos resultados.

De acuerdo con la bibliografía citada y el trabajo de campo realizada, se puede afirmar que el compostaje es una tecnología que ha tomado fuerza en los últimos años, convirtiéndose en la forma más eficiente para el tratamiento y aprovechamiento de residuos orgánicos; siendo la opción más barata y beneficiosa desde el punto de vista de salud medioambiental.

El compost obtenido supone un beneficio económico a nivel particular y social, ya que se ahorra en fertilizantes químicos y se generan nuevas oportunidades de trabajo.

Los residuos sólidos orgánicos: desechos de actividades agrícolas, desechos de agroempresas como cascarilla de yuca, afrecho, bagazo, etc., son excelentes materias primas para la obtención de abono orgánico de buena calidad.

CONCLUSIONES GENERALES

Los residuos más comunes y los que más se producen en la zona de influencia de CIPASLA, se generan en los sistemas de producción de mayor adaptación. Los residuos cotidianos resultan de los cultivos de café, yuca, frijol y maíz, entre otros. Además, estos residuos en la mayoría de los casos se reintegran a los sistemas de producción aplicados como compost o en forma directa al suelo mejorando el reciclaje de nutrientes.

El compost producido por los productores es usado mayormente en cultivos de café, frijol, plátano y maíz (10% a 23% de los productores).

Los parámetros que los productores encuestados tienen en cuenta para evaluar y mejorar el funcionamiento, la eficiencia y calidad del producto final de un sistema de compostaje son la temperatura, humedad, color y olor. Estos parámetros son consecuentes con lo reportado en la literatura.

Con la realización del trabajo de campo se confirmó que los residuos sólidos orgánicos tienen un valor agregado importante, ya que de estos se puede obtener un compost que puede ser utilizado como abono o acondicionador de suelos, supliendo así la necesidad de fertilizantes químicos.

En general los productores mencionan que con el uso del compost como fertilizante orgánico se contribuye a aumentar el rendimiento en la producción y a mejorar la calidad ambiental (recuperación de suelos, menos incidencia de plagas y enfermedades, menos olores).

La combinación de cascarilla de yuca y otros residuos orgánicos, son importantes dentro de los sistemas de compostaje evaluados, según se observó en los resultados de laboratorio. Los compost que contienen este residuo aportan el mayor contenido de nutrientes, proceso biológico más eficiente y un producto final de mejor calidad nutricional.

La cascarilla de yuca, aporta grandes cualidades como son variedad de microorganismos y nutrientes entre otros, al compostaje, viéndose reflejado en el menor tiempo de estabilización según los productores (22– 30 días), y al contenido de nitrógeno mas alto (1.22 y 1.41%) con respecto al sistema que no usa este residuo (1.03%).

En el análisis químico de los compost se observaron diferencias significativas para los contenidos de carbono y magnesio del productor RM y diferencias altamente significativas para los contenidos de nitrógeno, fósforo y calcio de los tres compost. Por lo anterior se concluye que el uso de variedad de residuos le brindan al compost características diferentes, por el contenido de nutrientes suministrados por los mismos.

En los compost analizados la relación C:N no es la mejor (18.48 hasta 23.09), y la relación C:P registra valores desde 27.29 hasta 61.87. Ninguno de los compost evaluados esta ubicado dentro del rango optimo para las dos relaciones ya que se encuentran por debajo del promedio requerido para el inicio del proceso (C:P 75 - 150:1 y C:N 25-30:1). Lo anterior implica que se debe aumentar el contenido de residuos ricos en carbono para equilibrar dichas relaciones, por ejemplo, harina de pescado.

Los altos contenidos de bases intercambiables en el compost del productor RM están relacionados con las proporciones de cal dolomita agregada a la pila y el uso adicional de sulfato de magnesio agrícola y calfomag.

Los compost analizados si estuvieran en la etapa final, no podrían ser catalogados como abonos orgánicos comerciales, por lo que la sumatoria de N-P-K no supera el 4%. Valor sugerido para Colombia por Gómez et al. (2001) para abonos orgánicos.

RECOMENDACIONES

Fortalecer de forma integral y participativa, experiencias de compostaje de acuerdo a resultados obtenidos por cada productor, ya que todos tienen criterios que combinados entre sí, pueden generar alternativas viables y autosostenibles; Aportando elementos y criterios del conocimiento local haciendo la practica de compostaje mucho más viable entre los agricultores de escasos recursos.

Con respecto a la forma de compostaje en la zona, se recomienda que las pilas de compostaje tengan como máximo una altura de 1.5m; no descuidar la humedad ni la temperatura, no dejar la pila a la intemperie, realizar volteos periódicos, mínimo tres veces semanales durante mínimo dos meses y tampoco esperar mas de dos meses para su aplicación.

Controlar estrictamente los volteos, de acuerdo al comportamiento de las variables temperatura, % de Humedad, ya que de no realizarse, puede verse alterada la carga microbiana en su función, y por ende los resultados, en especial los químicos pueden variar respecto a la disponibilidad de macro y micro nutrientes.

Crear un programa de sensibilización con el fin incentivar a los productores para realizar en sus fincas, practicas de manejo como el compostaje, la cual es fácil de implementar y manejar.

Para las agroempresas que generan grandes cantidades de residuos orgánicos se recomienda usar la tecnología del compostaje, contribuyendo de esta forma a minimizar el impacto causado y generando un producto de buena calidad que pueda ser comercializado en la zona como abono orgánico.

Dada la sencillez de la practica del compostaje, esta puede ser reproducida fácilmente por agricultores, o agroempresas de la zona y del país.

Un factor limitante en los compost analizados esta relacionado con los bajos contenidos de fósforo reportados (0.42 a 0.85 %). Se debe incluir en mayores proporciones para así obtener un producto que presente valores considerables para su utilización directa como abono orgánico.

BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, M. F., Dufour, D., 1998. Almidón agrio de yuca en Colombia: Producción y recomendaciones. CIAT, CIRAD, Cali, Colombia, 1, 35 pp.
- Armenta Q, I.C., Rodríguez, C. M., 2003. Compostaje de biosólidos Provenientes del Reactor UASB de la estación en investigación en tratamientos de aguas residuales Acuavalle S.A. E.S.P de Ginebra. Trabajo de grado (Ingeniero Ambiental). Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Facultad de Ingeniería y Administración. Palmira, Colombia, 92pp.
- Bajaña, R., 1998. Efecto de un suelo salino sodico del valle geográfico del río Cauca sobre algunas propiedades químicas del sustrato cachaza-carbonilla en condiciones de invernadero. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Colombia. Palmira, 181 pp.
- Bongcam V, E., 2003. Guía para compostaje y manejo de suelos. Convenio Andrés Bello CAB, serie ciencia y tecnología, Bogota, (110), 32 pp.
- Black, C.A., Evans, D.D., White, J.L., Ensminger, L.E., Clark, F.L., 1965. Methods of soil análisis, C.A., Black, (Ed.), Chemical y microbiological properties, Agronomy, 2 (9), Madison, Wisconsin, USA, pp. 771 – 1572.
- Bruzon I, I.J., 1994. Evolución de las propiedades físicas y químicas de Mezclas cachaza – carbonilla. Trabajo de grado (Ingeniería Agrícola), Universidad Nacional de Colombia – Universidad del Valle, Palmira, 180 pp.

Bruzon C, S.F., 1996. Importancia y aplicaciones de los sustratos orgánicos. En: Instituto de estudios ambientales IDEA, (ed.), Memorias Curso Taller Alternativas para Disminuir los Impactos Ambientales en los Sistemas de Producción Agropecuaria: Aspectos Técnicos y Legales. Universidad Nacional de Colombia, Palmira. Diciembre 4-6 de 1996, pp. 1-12.

Cantanhede, Á., 1997. Manejo de residuos sólidos doméstico. CEPIS-OPS.
<http://www.cepis.org.pe/eswww/repamar/gtzproye/compost/compost.html>
Fecha de consulta, marzo 3 de 2005

Castellanos, Y., 2005. Tres bacterias para el nuevo siglo. Unimedios. Universidad Nacional de Colombia, UNP, (Ed.), Bogota, (72). Marzo 20 de 2005, <http://unperiodico.unal.edu.co/ediciones/72/13.htm>, Fecha de consulta, Agosto 5 de 2005.

Cegarra, J., 1994. Compostaje de Desechos Orgánicos y Criterios de Calidad del Compost. En: Programa Universitario de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (PUI) (Ed.), Memorias Curso Master Internacional Aprovechamiento de Residuos Orgánicos. Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira, Junio 14 –17, pp. 1-8.

Cipasla., 1999. Producción orgánica de hortalizas en centros educativos de la Cuenca del Río Ovejas, Departamento del Cauca. (Ed.), En: Proyectos. Pescador Cauca, pp. 5 – 8.

Climent M, M.D., Abad B, M., Aragón R, P., 1996. El compost de residuos sólidos urbanos (R.S.U), Sus características y aprovechamiento en la Agricultura. Ediciones y promociones LAV, S.L. universidad Politécnica de Valencia, Valencia, pp. 57 – 71.

- Collazos, P., Duque M, R., 1998. Residuos sólidos. Acodal (5 ed.),
Santafé de Bogotá, D.C., Colombia, 170 pp.
- Corbit, R. A., 2003. Manual de referencia de Ingeniería Medioambiental.
BrageMcGRAW-Hill interamericana de España, S.A.U., Madrid, pp. 8.163 –
8.168.
- Corazón verde., 1996. Compostaje y lombricultura, San Vicente del Raspeig.
Alicante, España, Jose Antonio Marina (Ed.).
<http://www.corazonverde.org/cursos/compost.html>. Fecha de consulta, 23
de agosto de 2005.
- Costa, F., García, C., Hernández, T. Y Polo, A. 1991. Residuos
orgánicos urbanos: Manejo y utilización. Consejo Superior de
Investigaciones Científicas (CSIC), Centro de Edafología y Biología
Aplicada del Segura, Murcia, España, 181 pp.
- Cubero F, D., 1994. Manual de manejo y conservación de suelos y
Aguas. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Organización de las
Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Euned, (2 Ed.), San
José, C.R., 300 pp.
- Del Val, A., Jiménez, A., 1997. La materia orgánica de la basura y el compost.
En: Producciones generales de comunicación, S.L. (3 Ed.), El libro del
reciclaje: manual para la recuperación y el aprovechamiento de las basuras,
Barcelona, pp. 80 – 103.
- Del Val, A., 1997. Tratamiento de los residuos sólidos urbanos. la construcción de
la ciudad sostenible, ETSAM, (Ed.),
españa.<http://habitat.aq.upm.es/cs/p3/a014.html>. Fecha de consulta, abril 5
de 2005.

Dalzell, H.W., 1991. Manejo del suelo: producción y uso del composte. En: FAO, (Ed.), Ambientes tropicales y subtropicales., Roma, 58 pp.

Emisión, (s.f.), Compostaje domestico.

<http://www.emison.com/5144.htm>. Barcelona, España. Fecha de consulta, abril 5 de 2005.

Escalante A, M. A., 1999. Alternativas de sustratos hortícolas obtenidas mediante compostaje de mezclas de cachaza con residuos orgánicos. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, 87 pp.

García R, Á. J., 2000. El compostaje como una tecnología de tratamiento y aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos y biosólidos. Univalle, Biocidad, Emcali, Cabasa, (Ed.), Santiago de Cali, 26 pp.

García, J. E., Monje N, J., 1995. Control de calidad de abonos orgánicos por medio de bioensayos. En: Universidad Estatal a Distancia, Ramirez, C., Vandevivere, P., (1 Ed.), Agricultura orgánica. Memoria sobre el simposio centroamericano. EUNED, San José, C. R. Octubre de 1995, pp. 121 – 123.

Garmin Ltd copyright, 2005. <http://www.garmin.com/outdoor/products.htm#basic>
Fecha de consulta, viernes 15 de julio de 2005.

Gómez Z, J., Miranda V, J.C., Menjivar, J.C., Carrillo, M.C. y Torrente, A., 1994. De los residuos a los productos orgánicos. En: Memorias curso master internacional aprovechamiento de residuos orgánicos. Universidad nacional de Colombia - Sede Palmira, Junio 14 - 17 de 1994, pp.1 -12

Gómez Z, J., 1996. El Uso de Abonos Orgánicos en el Mantenimiento de la Fertilidad de los Suelos. En: Memorias curso taller Alternativas para

Disminuir los Impactos Ambientales en los Sistemas de Producción Agropecuaria: Aspectos Técnicos y Legales, Palmira, Colombia, Diciembre 4 - 6 de 1996. pp. 1 - 7

Gómez Z, J., 2000. Abonos orgánicos, (Ed.), Santiago de Cali, 107 pp.

Henao, C.H.,1996. Manejo técnico de los residuos sólidos urbanos. En: Memorias curso taller Alternativas para Disminuir los Impactos Ambientales en los Sistemas de Producción Agropecuaria: Aspectos Técnicos y Legales, Palmira, Colombia, Diciembre 4 - 6 de 1996. pp. 8 – 17.

Hernández G, G., 1996. Perfil socioeconómico microcuenca del río Cabuyal, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), (Ed.), Santiago de Cali, noviembre de 1996, 51pp.

Holdrige., (s.f.), Citado por Rubén Darío Estrada en planteamientos y resolución de conflictos en los S.C.R.C.

Intec, Corporación de Investigación Tecnológica de Chile., 1999. Manual de Compostaje. Septiembre de 1999, 82 pp.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas Y Certificación.

Icontec. Norma Técnica Colombiana NTC 1927: fertilizantes y acondicionadores de suelos. Definiciones, clasificación y fuentes de materias primas. Bogotá: Icontec, mayo del 2001.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas Y Certificación.

Icontec. Norma Técnica Colombiana NTC 5167: productos para la industria agrícola. Materiales orgánicos usados como fertilizantes y acondicionadores del suelo. Bogotá: Icontec, 28 de mayo del 2003

- Instituto Técnico Agropecuario. Resolución 00150: Reglamento Técnico de fertilizantes y acondicionadores de suelos para Colombia. Santa Fe de Bogotá: ICA, Enero 21 de 2003.
- Kiehl E, J., 1985. Fertilizantes organicos. Agron., "CERES" Ltda., (Ed.), Sao Paulo, 492 pp.
- Kiehl, E., J. 1998a. Manual de Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto, (Ed.), São Paulo, Brasil, 171 pp.
- Kiely, G., 1999. Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, Tecnologías y sistemas de gestión. Brage. McGRAW-Hill interamericana de España, S.A.U., (Ed.), Madrid 3, pp. 887 – 891.
- Kolmans, E., Vásquez, D., 1996. Nutrición y abonamiento orgánico. En: Simas, (Ed.), Manual de Agricultura Ecológica: una Introducción a los principios y su aplicación. Managua, Nicaragua, pp. 87 – 105.
- Meléndez, G., Soto G., 2003. Indicadores químicos de calidad de Abonos Orgánicos. En: Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica CIA, CATIE, (Ed.), Abonos Orgánicos: Principios, aplicaciones e impacto en la Agricultura, San José, C.R., pp. 50 - 63
- Mariño D, C. A., 2004. Evaluación del proceso de compostaje de los Residuos sólidos orgánicos en la finca la Virginia, Corregimiento Bolo la Italia, Municipio de Palmira. Trabajo de grado (Ingeniero Ambiental), Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Facultad de Ingeniería y Administración, Palmira. 85 pp.
- Martínez G, J., 1996. manejo de desechos sólidos mediante compostaje

En Córdoba Quindío, trabajo de grado, (Ingeniero Agrónomo), Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira. pp. 19 – 33.

Martínez, D., Gómez, J., 1995. Uso de lombricompuestos en la Producción comercial del crisantemo *Chrysanthemum morifolium* Ramat. Acta Agronómica. Universidad Nacional de Colombia, (Ed.), Palmira. 45 (1): 79 – 85.

Mazzarino, M.J., Laos, F., Satti, P., Roselli, L., Moyano, S., Tognetti, C., y V. Labud., 2005. Aprovechamiento Integral de Residuos orgánicos en el n.o. De Patagonia. Grupo de Suelos del CRUB, Universidad Nacional Comahue, (Ed.), Quintral, Bariloche, 1250 (8400),.

Mouat, M.C., 1975. Absorption by soil of water – soluble phosphate from eartwor cast: Plant and soil, Universidad Nacional, Palmira, pp. 13 - 15

Labrador, J., 2001. La materia orgánica en los agrosistemas. Ediciones mundi prensa, (2ed), Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Madrid, España, pp. 152 – 180.

López, P., 2002. Compostaje de residuos orgánicos. Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, (Ed.), Santiago de Cali. 92 pp.

Luque M, O., 1997. Alternativas económicas para el manejo de residuos Orgánicos en centros de reciclaje. Fundación para la investigación agrícola, (Ed.), X Jornada de Conservación Ambiental, Valencia, Venezuela, 18 - 20 de julio de 1997, 10 pp.

Salcedo, E., 1998. El composteo Una alternativa con actualidad y futuro.

Guadalajara, 170 pp.

Sas Institute, 1989. Statistica, SAS Institute Inc., Cary , NC. <http://www.sas.com>.

Fecha de consulta, Viernes 15 de Julio de 2005

Soto M, G., Muñoz, C., 2002. consideraciones teóricas y practicas

Sobre el compost, y su empleo en la agricultura orgánica. En: Manejo Integrado de Plagas y Agroecología, San José, C.R., (65), pp. 123 – 129.

Soto M, G., 2003. Abonos orgánicos, Principios, aplicaciones e impacto en la

agricultura. En: Gloria Meléndez (ed.), Abonos orgánicos: definiciones y procesos, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), San José, C.R., pp. 20 – 49.

Soto M, D. F., 1996. Evaluación de técnicas de compostaje obtenidas mediante

compostaje para el manejo de residuos industriales de palma de aceite (*Elaeias guineensis, jacq.*). Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 103 pp.

Sotomayor R, I., 1979. Compost de basura como fuente de fertilización orgánica

comparado con fertilizante químico. Primer ciclo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (ed.), En: Agricultura Técnica, Santiago de Chile 39 (4): pp. 152- 157.

Opazo G, M., 1991. Manual para tratamiento integral de basuras:

Producción de abono orgánico (compost) a partir de desechos sólidos domésticos. Fondo rotatorio Editorial Tecnología Apropiaada y Participación Comunitaria, Enda América Latina, Fedevivenda, Dimensión Educativa, (Ed.), Bogota, Colombia, 58 pp.

- Puerta E, S. M., (s.f.). Los residuos sólidos municipales Como Acondicionadores de suelos. Corporación Universitaria Lasallista, revista lasallista de investigación, (Ed.), 1 (1), 65 pp.
- Prado, f., 1998. Efecto del abonamiento con lombricompuestos en la productividad y calidad del cultivo de la morera *Morus sp.* Tesis, (Maestría en suelos y Aguas). Universidad Nacional de Colombia, Palmira, 98 pp.)
- Quinteros, J., (s.f.). Artículos Especializados. Práctica Ecológica: El Compostaje. En: Programa de Educación Ambiental. Comisión de Justicia, Paz y Ecología de la Familia Franciscana Unida de El Salvador, (Ed.), Salvador. <http://www.justiciaypazfranciscana.org.sv/>. Fecha de consulta, marzo 9 de 2005.
- Restrepo, J., 1996. Abonos Orgánicos Fermentados. Experiencias de Agricultores en Centroamérica y Brasil, Cedeco- OIT (1 ed.), San José, C.R., 52 pp.
- Röben, E., 2002. Manual de Compostaje Para Municipios. DED., (Ed.), Loja, Ecuador, 68 pp.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S., 1994. Gestión integral de Residuos sólidos. Mc Graw Hill Interamericana de España, s. a. Madrid, 2 pp. 781-783.
- Tellez, V., (s.f.), Abonos orgánicos en uso. En: Desmi, A.C., (Ed.), Los abonos Agroecologicos. <http://www.laneta.apc.org/biodiversidad/documentos/agroquim/abonorgadesmi.htm>. Fecha de consulta, marzo 9 de 2005.
- Vieira, M. J., Ochoa, L.B., 2000. Manual del Capacitador. Manejo Integrado De la Fertilidad del suelo en zonas de Ladera, Proyecto CENTA- FAO- Holanda, (Ed.), El Salvador, pp. 34 – 41.

ANEXOS

Anexo A. Identificación y ubicación de la población objeto del estudio

| ID | Nombre/ Productor | Vereda | Finca/Agroem presa | tipo | Ubicación geográfica (grados, min, seg) | | | | | | |
|----|-------------------------|---------------------|-----------------------|------------|---|----|--------------|----|------------------|------|------|
| | | | | | Latitud (n) | | Longitud (w) | | Altura (msnm) | | |
| 1 | Ángel Bolívar Muñoz | Cabuyal | Sta rita | Finca | 2 | 49 | 33.6 | 76 | 32 | 42 | 1490 |
| 2 | Mario Valencia | Cabuyal | Villa E' Lago | Finca | 2 | 49 | 12.7 | 76 | 32 | 29.3 | 1480 |
| 3 | Carlos Trujillo Paz | Campiña | Patio Bonito | Finca | 2 | 48 | 43.2 | 76 | 33 | 0.7 | 1510 |
| 4 | Célimo Argote | Cabuyal | El Paraíso | Finca | 2 | 49 | 22.1 | 76 | 32 | 21.2 | 1500 |
| 5 | Efrén Velasco | Potrерillo | El Paraíso | Finca | 2 | 48 | 24.5 | 76 | 32 | 48.4 | 1510 |
| 6 | Diego Rocha | Potrерillo | El Hubo | Finca | 2 | 48 | 29.3 | 76 | 32 | 47.5 | 1520 |
| 7 | Jair Otero | Potrерillo | El Globito | Finca | 2 | 49 | 8.1 | 76 | 33 | 5.9 | 1500 |
| 8 | German Delgado | La Campiña | Villa Celena | Finca | 2 | 48 | 28 | 76 | 33 | 8.2 | 1500 |
| 9 | Marcos García | La Campiña | El Guayabo | Finca | 2 | 48 | 26.9 | 76 | 33 | 10.4 | 1500 |
| 10 | Manuel Antonio Trujillo | La Campiña | Buenavista | Finca | 2 | 49 | 4.5 | 76 | 33 | 33.7 | 1510 |
| 11 | Oscar Mosquera | La Campiña | ***** | Finca | 2 | 48 | 51.4 | 76 | 33 | 20.2 | 1510 |
| 12 | Jair Barco | La Llanada | Villa Esperanza | Finca | 2 | 48 | 52.3 | 76 | 33 | 22.1 | 1510 |
| 13 | Ramiro Moreno | Belén | El Crucero | Finca | 2 | 48 | 8.6 | 76 | 32 | 46.2 | 1510 |
| 14 | Edwin Ramírez | Belén | El Pinar | Finca | 2 | 47 | 55.6 | 76 | 32 | 34.3 | 1520 |
| 15 | Ovidio Trujillo | Belén | Todo yuca | Agroindust | 2 | 47 | 57.3 | 76 | 32 | 29.9 | 1520 |
| 16 | Ricaute Mosquera | Palermo | La Manguita | Finca | 2 | 49 | 10.4 | 76 | 33 | 44.6 | 150 |
| 17 | Pedro Herrera | La Primavera | La Esperanza | Finca | 2 | 45 | 0.9 | 76 | 29 | 44.9 | 1970 |
| 18 | José Isabro Beltrán | Cabuyal | Villa Marcela | Finca | 2 | 49 | 27.6 | 76 | 32 | 36.1 | 1480 |
| 19 | Elcario Hernández | Puente Real | Los Samanes | Agroindust | 2 | 50 | 25.2 | 76 | 32 | 37 | 1300 |
| 20 | José Adelmo Ul | Porvenir | La Palomera | Finca | 2 | 47 | 27.5 | 76 | 32 | 20.6 | 1580 |
| 21 | Fabriciano Chepe Peña | Porvenir | El Guamal | Finca | 2 | 47 | 35 | 76 | 32 | 28.1 | 1550 |
| 22 | Julio Hurtado | Porvenir | El Sambo | Finca | 2 | 47 | 41.3 | 76 | 32 | 35.4 | 1530 |
| 23 | José Vicente Pechene | Porvenir | La Floresta | finca | 2 | 47 | 8.1 | 76 | 32 | 10.4 | 1630 |
| 24 | Sen Otero Zúñiga | Crucero del Rosario | Sin Nombre | Finca | 2 | 46 | 16.8 | 76 | 29 | 58.1 | 1790 |
| 25 | Zoraida Ipia Fernández | Crucero del Rosario | La Merced | Finca | 2 | 46 | 20.3 | 76 | 29 | 57.2 | 1780 |
| 26 | Enilse Otero | Crucero del Rosario | La Aurelia | Finca | 2 | 46 | 46.7 | 76 | 30 | 31.1 | 1670 |
| 27 | Omaira Plaza | Sta Bárbara | bella vista | Finca | 2 | 46 | 58.6 | 76 | 31 | 19.5 | 1640 |
| 28 | Amulfo Ulchur | Sta Bárbara | El parque | Finca | 2 | 46 | 1.6 | 76 | 30 | 28.6 | 1770 |
| 29 | Alcibíades León | Sta Bárbara | El granadillo | Finca | 2 | 46 | 38 | 76 | 30 | 54 | 1630 |
| 30 | Ana Deyba Muñoz | Sta Bárbara | Lucí Tania | Finca | 2 | 46 | 54.3 | 76 | 31 | 17.2 | 1650 |
| 31 | Adolfo Tombe | Ventanas | La esperanza | Finca | 2 | 47 | 17.5 | 76 | 31 | 32.5 | 1630 |
| 32 | Jesús David Vivas | Palermo | Cachimbal | Finca | 2 | 49 | 30.3 | 76 | 33 | 57.6 | 1490 |
| 33 | Marco Tulio Trujillo | Palermo | El palmichal | Finca | 2 | 49 | 37.8 | 76 | 33 | 59.8 | 1470 |
| 34 | Rodolfo Adelmo Muñoz | Cabuyal | El jardín | Finca | 2 | 50 | 10.6 | 76 | 33 | 12.2 | 1460 |
| 35 | Stella Sánchez | Puente Real | las brisas | Agroindust | 2 | 50 | 25.1 | 76 | 32 | 35.1 | 1290 |
| 36 | Rodrigo Hernández | Puente Real | la Zelandia | Agroindust | 2 | 50 | 41.8 | 76 | 32 | 49.9 | 1290 |
| 37 | | Puente Real | Dió Quispe | Agroindust | 2 | 50 | 21.8 | 76 | 32 | 32 | 1290 |

Anexo B. Encuesta sobre cuantificación de residuos para los productores/agricultores ubicados dentro del área de influencia de CIPASLA, Corregimiento De Pescador, Caldono Cauca.

**CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT)
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE PALMIRA
PROYECTO**

COMPOSTAJE EN PESCADOR CAUCA: TECNOLOGIA APROPIADA PARA EL MANEJO DE RESIDUOS ORGANICOS Y SU CONTRIBUCION A LOS PROBLEMAS MEDIOAMBIENTALES

El presente encuesta esta dirigida a toda la comunidad (Agroindustrias rurales, grupos de trabajo y agricultores), que están dentro del área de influencia de CIPASLA, Corregimiento de Pescador, Caldono Cauca. Esta encuesta busca recopilar información sobre la cantidad y disponibilidad de subproductos susceptibles a ser compostados y al mismo tiempo identificar los productores que utilizan la practica del compostaje.

Encuestador: _____ Fecha: _____

Modulo a: IDENTIFICACIÓN ID _____

- 1) Nombre finca _____
- 2) Nombre encuestado _____
- 3) Vereda _____
- 4) Ubicación geográfica: Latitud _____ Longitud _____ Altitud _____

Modulo b: RESIDUOS Y COMPOSTAJE

- 1) ¿Que clase o tipo de residuos vegetales se generan aquí en su finca o microempresa? Y cual es el que más se produce?. En que época?

| SUSTRATO (RESIDUO) | CANTIDAD ESTIMADA (KG) | | | ÉPOCA DEL AÑO |
|----------------------|------------------------|---------|---------|---------------|
| | Kg./día | Kg./mes | Kg./año | |
| Pulpa de café | | | | |
| Cachaza | | | | |
| Cascarilla de yuca | | | | |
| Cascarilla de fríjol | | | | |
| Cascarilla de Maíz | | | | |
| Residuos de cocina | | | | |
| Residuos de jardín | | | | |
| Gallinaza | | | | |
| Otros | | | | |
| Cuales | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

- 2) ¿Qué hacen con los residuos o subproductos?

Se compostan SI _____ NO _____
 Se distribuyen en los cultivos SÍ _____ NO _____
 Se arrojan a una fosa SÍ _____ NO _____
 Otros: _____

Cual _____

3) Si los residuos o subproductos se compostan ¿Cómo lo hace?

4) ¿Siempre lo hacen SÍ _____ NO _____ Ocasional _____

5) ¿Son asesorados por una entidad en particular?

SÍ _____ NO _____
CUAI. _____

6) Conoce usted otras personas que produzcan residuos y utilicen el compostaje?
Sí _____ NO _____ Nombres _____

7) Si los residuos o subproductos no compostan ¿por qué no lo hacen

8) Observaciones

Anexo C: Encuesta “caracterización de experiencias en compostaje” para los productores/agricultores, ubicados dentro del área de influencia de CIPASLA, Corregimiento De Pescador, Caldono Cauca.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT)
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE PALMIRA
 PROYECTO:

COMPOSTAJE EN PESDCADOR CAUCA: TECNOLOGIA APROPIADA PARA EL MANEJO DE RESIDUOS ORGANICOS Y SU CONTRIBUCION A LOS PROBLEMAS MEDIOAMBIENTALES

La presente encuesta esta dirigida a los productores que utilicen la tecnología de compostaje en la zona. Tiene como objetivo registrar los detalles y caracterización de las experiencias en compostaje.

Encuestador: _____ Fecha: _____

Modulo a: IDENTIFICACIÓN ID _____

- 1) Nombre finca _____
- 2) Nombre encuestado _____
- 3) Vereda _____
- 4) Ubicación geográfica: Latitud _____ Longitud _____ Altitud _____

Modulo b: Caracterización de las experiencias en compostaje

1) Materia prima utilizada en el sistema y en que proporción

| SUSTRATO (RESIDUO) | CANTIDAD (KG) | COSTOS DE INVERSIÓN (\$) |
|----------------------|---------------|--------------------------|
| Gallinaza | | |
| Bovinaza | | |
| Pollinaza | | |
| Porquinaza | | |
| Residuos de cocina | | |
| Residuos de jardín | | |
| Pulpa de café | | |
| Sisgo de arroz | | |
| Viruta de madera | | |
| Cascarilla de yuca | | |
| Cascarilla de frijol | | |
| Residuos de cosecha | | |
| Miel de purga | | |
| Levadura | | |
| Cal agrícola | | |
| Tierra | | |
| Otros | | |
| | | |
| | | |
| TOTALES | | |

2) ¿De donde obtiene la materia prima?

3) Cual es el tiempo de compostaje

Días _____ meses _____

4) Cuantos volteos realiza en el proceso de compostaje y con que frecuencia

5) Riegos durante el proceso _____

6) Que parámetros tiene en cuenta durante el periodo de compostaje.

7) ¿Cómo se da cuenta usted que el compost esta listo?

8) ¿Se siente satisfecho con el compost que produce?

SÍ _____ Porque _____

NO _____ Porque _____

9) ¿Sabe usted de otros residuos que puedan ser usados en el proceso de compostaje, los cuales mejoren la calidad del producto final?

10) Que cambios le haría usted para mejorar o acelerar el proceso de compostaje? _____

11) ¿Qué cantidad de compost obtiene durante el periodo de compostaje? _____

12) ¿Usos del compost en la finca?

| CULTIVOS | CANTIDAD (Kg) | FRECUENCIA |
|----------|---------------|------------|
| | | |
| | | |
| | | |

13) ¿Vende usted el compost? SI _____ NO _____
• Si lo vende ¿precio de venta? _____

14) ¿por qué razones cree usted necesario utilizar el compost

15) ¿Cuales son los efectos del compost en el suelo?

16) ¿Cuales son los efectos del compost en las plantas

17) Se han hecho estudios de calidad del compost? Sí _____ NO _____

Suministro de información

18) ¿Es rentable? Sí _____ NO _____

Observaciones: _____

Anexo D: Seguimiento fotográfico a tres productores que practican el compostaje

A) Seguimiento fotográfico al montaje del sistema de compostaje del productor Rodolfo A. Muñoz (vereda Cabuyal)



B) Seguimiento fotográfico al montaje del sistema de compostaje del productor José Beltrán vereda Cabuyal



limpieza del terreno



preparación: mezcla de miel de purga, biosolnew y levadura



aplicación de cal



adición de gallinaza



adición de la mezcla



aplicación de cal



adición de pulpa de café



adición de hoja de nacedero



adición de cascarilla de frijol



adición de cascarilla de yuca



adición forrajes



mezcla de residuos



final pila de compostaje



cubierta plástica

C) Seguimiento fotográfico al montaje del sistema de compostaje del productor Carlos Trujillo vereda la Campiña



área de disposición



adición de gallinaza



adición de pulpa de café,
siso y cascarilla de yuca



mezcla de residuos



adición de cal



volteo 1



adición de miel en agua



volteo 2



final pila de compostaje

Anexo E. Épocas del año en que se generan los residuos

| ID | PC | RC | RJ | CF | CM | CY | GZA | BZO | BZA | PZA | CZA | CYZA | MCH | AFR | MTLL | P. PLO | P.S.G | V.PL | E.ZA |
|----|-----------|--------|---------------|-----------|-----------|--------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|----------|--------|------|--------|
| 1 | semestral | diario | semestral | semestral | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | semestral | diario | cuatrimestral | semestr | semestral | | cuatrimestral | | mens | | diario | | | | | | | | |
| 3 | semestral | diario | | anual | | | semestral | | diario | | | | | | | | | | |
| 4 | semestral | diario | cuatrimestral | | anual | | cuatrimestral | | | | | | | | Anual | trimestr | | | |
| 5 | semestral | diario | | | | | semestral | | | | | | | | | | | | |
| 6 | semestral | diario | trimestral | anual | | | | | diario | | | | | | | | mensu | | |
| 7 | semestral | diario | cuatrimestral | anual | | | | mens | diario | | | | | | | | | | |
| 8 | semestral | diario | | | | | | | | | | | | | | | | | Anual |
| 9 | semestral | diario | trimestral | semestr | semestral | | | | diario | | | mensu | | | | | | | |
| 10 | semestral | diario | trimestral | | semestral | | | anual | | | | | | | | | | | |
| 11 | semestral | diario | trimestral | semestr | semestral | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | semestral | diario | trimestral | anual | anual | | cuatrimestral | | diario | | | | | | | | | | |
| 13 | semestral | diario | cuatrimestral | anual | anual | | cuatrimestral | | | | | | | | | | | | |
| 14 | semestral | diario | cuatrimestral | | | | trimestral | | | | | | | | | | | | |
| 15 | semestral | | | | | diario | | | | | | | diario | | | | | | |
| 16 | semestral | diario | trimestral | anual | anual | | | | diario | | | | | | | | | | |
| 17 | semestral | diario | cuatrimestral | semestr | semestral | | | | | | | | | | | | diario | | |
| 18 | semestral | diario | cuatrimestral | semestr | semestral | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | diario | | | | | | | diario | | | | | | |
| 20 | semestral | diario | | anual | anual | | | | | diario | | | | | | | | | |
| 21 | semestral | diario | cuatrimestral | | | | semestral | | | | | | | | | | | | |
| 22 | semestral | diario | | semestr | | | | | diario | diario | | | | | | | | | |
| 23 | semestral | diario | | semestr | semestral | | | | diario | | | | | | | | | | |
| 24 | semestral | diario | trimestral | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | semestral | diario | | semestr | semestral | | | | diario | | | | | | | | | | sema |
| 26 | semestral | diario | | semestr | semestral | | | | diario | | | diario | | | | | | | sema |
| 27 | semestral | diario | bimestral | | | | | | | | | diario | | | | | | | |
| 28 | semestral | diario | | | | | | | | | | | | | | | | | diario |
| 29 | semestral | diario | | | | | | trimes | | | | | | | | | | | |
| 30 | semestral | diario | bimestral | semestr | semestral | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | semestral | diario | cuatrimestral | semestr | semestral | | | | | | diario | | | | | | | | |
| 32 | semestral | diario | bimestral | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | semestral | diario | cuatrimestral | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | semestral | diario | Bimestral | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | | diario | diario | | | | | |
| 36 | | | | | | | | | | | | | diario | diario | | | | | |
| 37 | | | | | | | | | | | | | diario | diario | | | | | |

PC: pulpa de café, RC: residuos de cocina, RJ: residuos de jardín, CF: cascarilla de frijol, CM: cascarilla de maíz, CY: cascarilla de yuca, GZA: gallinaza, BZO: bagazo, BZA: bovinaza:CZA:ceniza, CYZA: cuyinaza, MCHA: mancha, AFR: afrecho, MTLL: mantillo de bosque, PPLO: pluma de pollo, PSGAN: pasto sobra de ganado, VPLA: vástago de plátano

Anexo F. Ventajas para utilizar el compost

| Nombre/ Productor | MSlo | MPn | MIPE | CCS | A\$ | CAM | CVID | HSlo | ARES | DO | DV |
|----------------------------|------|-----|------|-----|-----|-----|------|------|------|----|----|
| 1 Annel Bolivar Muñoz | X | X | X | X | | | | | | | |
| 2 Mario Valencia | X | | | | X | | | | | | |
| 3 Carlos Trujillo Paz | X | | | X | X | X | | | | X | X |
| 4 Célamo Argote | X | | | | X | X | | | | | |
| 5 Efrén Velasco | | | | | | | | | | | |
| 6 Diego Rocha | X | | | X | | | X | | | | |
| 7 Jair Otero | | | X | X | | | | X | | | |
| 8 German Delgado | | | | | | | | | | | |
| 9 Marcos García | X | | X | | X | | X | | | | |
| 10 Manuel Antonio Trujillo | | | | | X | | | | | | |
| 11 Oscar Mosquera | | | | | X | | | | X | | |
| 12 Jair Barco | X | | | | X | | | | | | |
| 13 Ramiro Moreno | X | | | | X | | | | | | |
| 14 Edwin Ramírez | X | | | | | | | | | | |
| 15 Ovidio Trujillo | | | | | | | | | | | |
| 16 Ricaute Mosquera | | | | | | | | | | | |
| 17 Pedro Herrera | | | | | X | | | | | | |
| 18 José Isabro Beltrán | | X | | | X | | | | | | |
| 19 Elcario Hernández | | X | | | X | | | | | | |
| 20 José Adelmo Ul | | | | X | | X | | | | | |
| 21 Fabriciano Chepe Peña | | | | | | | | | | | |
| 22 Julio Hurtado | | | | | X | | | | X | | |
| 23 José Vicente Pechene | | X | X | X | | | | | | | |
| 24 Sen Otero Zúñiga | | | | | | | | | | | |
| 25 Zoraida Ipiá Fernández | | | | X | | X | | | | X | |
| 26 Enilse Otero | | | X | | X | | | | | | X |
| 27 Omaira Plaza | | | | | | X | | | | | |
| 28 Arnulfo Ulchur | X | | | | | | | | | | |
| 29 Alcibíades León | | | | | | | | | | | |
| 30 Ana Devba Muñoz | | | | | | X | X | | | | |
| 31 Adolfo Tombe | | | | | | | | | | | |
| 32 Jesús David Vivas | | | | | X | X | | | X | | |
| 33 Marco Tulio Trujillo | | | | | X | | | | | | |
| 34 Rodolfo Adelmo Muñoz | X | | | | | | | | X | | |
| 35 Stella Sánchez | | | | | | | | | | | |
| 36 Rodrigo Hernández | | X | | | X | | | | X | | |
| 37 Miver Zúñiga | | | | | | | | | | | |

Mslo: mejora de suelos, MPn: mejora producción, MIPE: menos incidencia de plagas y enfermedades, CCS: calidad de cosecha, A\$: ahorra costos, CAMB: calidad ambiental, CVID: calidad de vida, HSlo: humedad en el suelo, ARES: aprovechamiento de los residuos de la finca, DO: Disminución de olores, DV: disminuyen vectores

Anexo G. Costos estimados de los residuos en compostaje*

| ID | Productor | PC | RC | RJ | CF | CM | CY | GZA | BZA | PZA | CZA | MTLLO | Miel | Lev | C.A | Tierra |
|----|----------------------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| \$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Ángel Bolívar | 10.000 | | | | | | 240.00 | | | 8.000 | | 4.800 | | 25.000 | 12.000 |
| 2 | Mario Valencia | 10.000 | | 4.000 | 12.000 | | | 105.00 | | | | | 9.000 | | 14.000 | 10.000 |
| 3 | Carlos Trujillo Paz | 11.000 | 30.000 | 10.000 | | | 60.000 | 120.00 | 50.000 | | 10.000 | | 4.000 | 1.600 | 34.500 | 10.000 |
| 4 | Célimo Argote | 70.000 | | 20.000 | 5.000 | | 150.00 | 160.00 | | | | | 7.000 | 2.500 | 67.500 | 10.000 |
| 5 | Efrén Velasco | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Diego Rocha | 12.000 | 10.000 | | | | | 80.000 | | | | | 6.000 | 6.000 | 8.500 | 1.000 |
| 7 | Jair Otero | 60.000 | 5.000 | | | | | 13.500 | | | | | | | 10.000 | |
| 8 | German Delgado | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Marcos García | 20.000 | | | 10.000 | | | 200.00 | | | | | | | 17.000 | 10.000 |
| 10 | Manuel Antonio | 10.000 | 10.000 | | 5.000 | | | 40.000 | 5.000 | | | | 1.600 | | 1.000 | 10.000 |
| 11 | Oscar Mosquera | 200.00 | 5.000 | 15.000 | 45.000 | | 105.00 | 1.200.0 | 20.000 | 10.000 | 20.000 | | 30.000 | 4.800 | 200.00 | |
| 12 | Jair Barco | 30.000 | 20.000 | 20.000 | 10.000 | 1.000 | | 24.000 | | 168.00 | | | | 1.500 | 4.250 | |
| 13 | Ramiro Moreno | 50.000 | | | | | 160.00 | | | | | | | | 40.000 | 30.000 |
| 14 | Edwin Ramírez | 20.000 | 10.000 | | 20.000 | | | | | | | | | | | |
| 15 | Ovidio Trujillo | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | Ricaute Mosquera | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | Pedro Herrera | | 2.500 | 2.000 | 5.000 | | 30.000 | 40.000 | 40.000 | | | | 7.000 | 4.000 | 10.500 | 3.000 |
| 18 | José Isabro Beltrán | | | | | | 35.000 | 510.00 | | | | | 8.000 | 2.000 | 76.500 | |
| 19 | Elcario Hernández | | | | | | 25.000 | 400.00 | | | | | 6.000 | 2.000 | 22.500 | |
| 20 | José Adelmo Ull | 80.000 | 12.000 | | 6.000 | 2.000 | | 12.000 | 50.000 | 20.000 | | | 1.500 | 4.000 | 3.000 | 5.000 |
| 21 | Fabriciano Chepe | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | Julio Hurtado | 100.00 | | | | | | 200.00 | 75.000 | | | | | | | |
| 23 | José Vicente | 10.000 | 2.000 | | | | | 12.000 | 20.000 | | 2.000 | | | | 800 | |
| 24 | Sen Otero Zúñiga | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | Zoraida Ipiá | 5.000 | | | 5.000 | | | 40.000 | 10.000 | | | | 1.700 | 2.000 | 1.400 | 10.000 |
| 26 | Enilse Otero | 3.000 | 2.000 | | 1.500 | | | 15.000 | 6.000 | 2.000 | 1.000 | | 4.000 | 800 | | |
| 27 | Omaira Plaza | 5.000 | 1.000 | | | | | 14.000 | 3.000 | | | 1.500 | 7.500 | 1.500 | 1.200 | 4.000 |
| 28 | Arnulfo Ulichur | 2.000 | 2.000 | | 2.000 | | | 6.000 | 2.000 | | | 1.000 | 1.500 | | | 1.000 |
| 29 | Alcibíades León | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | Ana Devba Muñoz | | 2.000 | | 2.000 | | 2.000 | 8.000 | 5.000 | 5.000 | 2.000 | | 1.500 | 3.000 | 600 | 5.000 |
| 31 | Adolfo Tombe | 5.000 | 1.000 | | | | 2.000 | 16.000 | | | | | | | | |
| 32 | Jesús David Vivas | 45.000 | | | | | | 80.000 | | | | 10.000 | 4.000 | 7.500 | 15.000 | |
| 33 | Marco Tulio Trujillo | | | | 3.000 | | | 20.000 | 5.000 | | 3.000 | | | | | 5.000 |
| 34 | Rodolfo Adelmo | 20.000 | | | | | | 175.00 | | | | 4.000 | 3.750 | | 33.000 | 3.000 |
| 35 | Stella Sanchez | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | Rodrigo Hernández | | | | | | 100.00 | 400.00 | | | | | 9.000 | 6.000 | 40.000 | |
| 37 | Miver Zúñiga | | | | | | | | | | | | | | | |

* costo estimado es lo que el productor cree que puede costar la cantidad determinada del residuo usado en compostaje, el cual esta relacionado con el tiempo invertido en transportarlo hasta el lugar de disposición a montaje de una pila de compostaje.