

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS  
INSTITUTO DE BIOCOMBUSTIBLES, ENERGIAS ALTERNATIVAS Y  
RENOVABLES -IBEAR  
PROGRAMA DE ESPECIALIZACION EN TRANSFORMACION DE RESIDUOS  
AGROINDUSTRIALES**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
ESPECIALISTA EN TRANSFORMACIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES**

**TEMA:**

**PRODUCCION DE ABONOS ORGANICOS, APLICANDO PROCESOS DE  
COMPOSTAJE Y LOMBRICOMPOSTAJE A RESIDUOS DE LAS CADENAS  
AGRICOLAS Y PECUARIAS ENFOCADO AL BIO - MEJORAMIENTO DEL  
AGRO COLOMBIANO.**

**AUTOR: LUIS FRANCISCO CACUA BARRETO, MICROBIOLOGO**

**DIRECTOR: Dr. Eliseo Amado González**

**DIRECTOR DEL PROGRAMA: Dr. Eliseo Amado González**

**PAMPLONA N. S. COLOMBIA**

**Julio de 2008**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS  
INSTITUTO DE BIOCOMBUSTIBLES, ENERGIAS ALTERNATIVAS Y  
RENOVABLES -IBEAR  
PROGRAMA DE ESPECIALIZACION EN TRANSFORMACION DE RESIDUOS  
AGROINDUSTRIALES**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
ESPECIALISTA EN TRANSFORMACIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES**

**TITULO**

**PRODUCCION DE ABONOS ORGANICOS, APLICANDO PROCESOS DE  
COMPOSTAJE Y LOMBRICOMPOSTAJE A RESIDUOS DE LAS CADENAS  
AGRICOLAS Y PECUARIAS ENFOCADO AL BIO - MEJORAMIENTO DEL  
AGRO COLOMBIANO.**

**AUTORES: LUIS FRANCISCO CACUA BARRETO, MICROBIOLOGO  
DIRECTOR: Dr. Eliseo Amado González**

---

**OPONENTE:**

---

**DIRECTOR DEL PROGRAMA: Dr. Eliseo Amado González**

---

**JURADO CALIFICADOR:**

- Presidente:** \_\_\_\_\_
- Oponente:** \_\_\_\_\_
- Secretario:** \_\_\_\_\_

**PAMPLONA COLOMBIA**

**Julio de 2008**

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCION</b>	9
<b>OBJETIVO GENERAL</b>	11
<b>CAPITULO I ABONOS ORGANICOS</b>	12
1.1 <b>ABONOS ORGANICOS, CLASES Y CARACTERISTICAS</b>	12
1.2 <b>PRODUCCION DE ABONOS ORGANICOS A TRAVES DE LA HISTORIA</b>	17
<b>CAPITULO II - AGROECOLOGIA Y BIORREMEDIACION EN COLOMBIA.</b>	21
<b>CAPITULO III - TECNICA DE COMPOSTAJE</b>	25
<b>3.1. PROCESOS DE COMPOSTACION</b>	26
3.1.1. Sistemas abiertos	28
3.1.2. Sistemas cerrados	29
3.1.3. Descripción del proceso	30
3.1.3.1. Fases del proceso del compostaje	30
3.1.4. Condiciones ambientales del proceso	32
3.1.4.1. Tamaño de las partículas	32
3.1.4.2. Contenido de humedad	32
3.1.4.3. Relación C/N	32
3.1.4.4. Temperatura	33
3.1.4.5. pH	34
3.1.4.6. Aireación	34
3.1.4.7. Agentes biológicos	35
3.1.4.8. Agentes químicos	35
3.1.5. Microbiología del compostaje	36
3.1.6. Criterios de calidad de un compost	36
3.1.7. Normatividad nacional	36

3.1.8.	Ventajas y desventajas del uso de compostaje	38
3.1.8.1.	Beneficios del uso de compostaje	38
3.1.8.2.	Desventajas del uso del compost	40
<b>3.2.</b>	<b>DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE SUGERIDO.</b>	<b>42</b>
	<b>CAPITULO IV - TECNICA DE LOMBRICOMPOSTAJE</b>	<b>43</b>
<b>4.1.</b>	<b>METODOS DE CRIA</b>	<b>44</b>
4.1.1.	Cría en cajones	47
4.1.2.	Cría intensiva	48
4.1.3.	Preparación de los lechos	50
<b>4.2</b>	<b>CONDICIONES AMBIENTALES PARA EL DESARROLLO DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (Eisenia foetida).</b>	<b>51</b>
4.2.1.	Humedad	51
4.2.2.	Temperatura	52
4.2.3.	pH	52
4.2.4.	Riego	52
4.2.5.	Aireación	52
4.2.6.	El sustrato o alimento para las lombrices	53
<b>4.3</b>	<b>Clasificación ecológica de la lombriz roja californiana (Eisenia foetida)</b>	<b>54</b>
4.3.1.	Morfología de la lombriz roja californiana	54
<b>4.4.</b>	<b>VENTAJAS DE LA UTILIZACION DE LOMBRICOMPUESTO</b>	<b>56</b>
<b>4.5.</b>	<b>MANEJO DEL PIE DE CRIA</b>	<b>56</b>
4.5.1.	Adquisición de la semilla	56
4.5.2.	Siembra de lombrices	57
4.5.3.	Prueba de supervivencia:	57
<b>4.6.</b>	<b>EXTRACCIÓN DE HUMUS</b>	<b>58</b>
<b>4.7</b>	<b>DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE LOMBRICOMPOSTAJE SUGERIDO</b>	<b>61</b>
	<b>CAPITULO V. COSTOS APROXIMADOS DE LA PLANTA, MATERIAS</b>	<b>62</b>

<b>PRIMAS Y BALANCE DE MASAS DE LOS PROCESO DE PRODUCCION DE ABONOS ORGANICOS</b>		
<b>5.1.</b>	<b>ESPECIFICACIÓN ZONAS DE PLANTA Y COSTOS APROXIMADOS DE CONSTRUCCION</b>	<b>62</b>
5.1.1.	Zona de oficinas	62
5.1.2.	Zona de recepción de materia prima	63
5.1.3.	Zona de compostaje	64
5.1.4.	Zona de lombricompostaje	64
5.1.5.	Zona de maduración	65
5.1.6.	Zona de almacenamiento de producción	65
5.1.7.	Valor aproximado general de la planta de abonos orgánicos	66
<b>5.2.</b>	<b>COSTOS APROXIMADOS DE LA MATERIA PRIMA PARA EL PROCESO DE COMPOSTAJE Y LOMBRICOMPOSTAJE</b>	<b>66</b>
5.2.1.	Costos aproximados de la materia prima para el proceso de compostaje	66
5.2.2.	Costos aproximados de la materia prima para el proceso de lombricompostaje	67
<b>5.3</b>	<b>BALANCE DE MASA DE LOS PROCESOS DE COMPOSTAJE Y LOMBRICOMPOSTAJE</b>	<b>68</b>
5.3.1.	Balance de masa del proceso de compostaje a partir de una tonelada de materia prima:	68
5.3.2.	Balance de masa del proceso de lombricompostaje	70
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>72</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>74</b>

## TABLAS

Tabla 1. Diferentes tipos de abonos orgánicos según la fuente de aporte de nutrientes y el grado de procesamiento	15
Tabla 2: Parámetros físico-químicos y microbiológicos	37

## FIGURAS

Figura 1. Disposición final de Residuos sólidos en los 1086 Municipios de Colombia	15
Figura 2. Cantidades requeridas de materia prima para producción de compostaje a partir de 1 tonelada de materia prima.	68
Figura N° 3 Balance de masa proceso de compostaje a partir de 1 tonelada de materia prima.	69
Figura N° 4 Balance de masa proceso de lombricompostaje	70

## FOTOS

Foto 1. Lombricompostaje en cajones	48
Foto 2. Producción intensiva de lombricompost	50



## INTRODUCCION

Actualmente en Colombia se esta implementando la agricultura orgánica y por ende la producción de abonos o acondicionadores orgánicos del suelo. Uno de los más grandes beneficios que acarrea esta situación es el mejoramiento en cuanto a nutrientes y condiciones de los suelos ayudando a que las tierras sean más productivas, ganando calidad y mejoramiento en las producciones agrícolas nacionales, de igual forma ayudar al mejoramiento del producto para la posible exportación del mismo. Los procesos que se analizan en este documento son el compostaje y el lombricompostaje los cuales se les determinan las respectivas características físico – químicas y microbiológicas logrando determinar la calidad de cada abono.

El manejo inadecuado que se da a los desechos orgánicos es una problemática que lleva mucho tiempo afectando los lugares y las grandes ciudades donde se generan estas. Actualmente en el sector rural, también se está presentando este problema sobretodo por las formas de producción intensivas que generan una gran cantidad de residuos, como ejemplo, tenemos la generación de basura tal como las conchas de las frutas y verduras, de igual forma el estiércol generado en las grandes explotaciones ganaderas. Una alternativa de solución para aprovechar todos los residuos orgánicos, es producir abonos orgánicos mediante el compostaje y lombricompostaje.

La naturaleza nos muestra que ella misma organiza su ciclo de vida y restaura su crecimiento, como por ejemplo: cuando en el bosque, en otoño, las hojas de los árboles caen al suelo, juntamente con trozos de ramas, excrementos de animales o hierbas, pasan a una fase de descomposición en la cual intervienen muchos elementos que cooperan en este proceso; como el sol, el agua, el calor, el frío y diferentes especies vivas (larvas, gusanos, caracoles, hongos, multitud de

insectos...), que lo transforman todo en humus, esa tierra de color oscuro con un característico olor de tierra buena y una esponjosa textura. Así pues, el humus contribuye a la continuidad del ciclo de vida alimentando a las especies vegetales que, a su vez, alimentarán a las especies animales consiguiendo mejorar los suelos para cultivos agrícolas y de igual forma contribuir al mejoramiento del medio ambiente.

Partiendo de lo anterior este documento pretende ser un texto de análisis sobre los diferentes procesos relacionados con el compostaje y lombricompostaje, el cual se dividió en varios capítulos, el primero se titula “Abonos orgánicos” en el se realiza una breve descripción sobre los abonos orgánicos, sus clases y sus características así como la producción de abonos a través de la historia; el segundo capítulo se titula “Agroecología y Biorremediación en Colombia” en ella se realiza un análisis sobre las diferentes técnicas a nivel mundial para la rehabilitación de los suelos contaminados, permitiendo analizar y desarrollar estrategias que neutralizan los diversos contaminantes. El tercer capítulo se titula “Técnicas de Compostaje” en este capítulo se habla y analizan las diferentes técnicas empleadas para la producción del compostaje. El cuarto capítulo se denomina “Técnicas de Lombricompostaje” en este capítulo se habla y analizan las diferentes técnicas empleadas para la producción del lombricompostaje.

## **OBJETIVO GENERAL**

Producir abonos orgánicos por medio de compostaje y lombricompostaje, aprovechando los residuos de las cadenas agrícolas y pecuarias transformándolas en productos agradables para el medio ambiente.

# **CAPITULO I**

## **ABONOS ORGANICOS**

### **1.1. ABONOS ORGANICOS, CLASES Y CARACTERISTICAS**

Según la literatura actual los abonos orgánicos son sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto, de igual forma 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; y se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, químicas y biológicas. (Bruzon, et al. 1996).

Mediante estos sistemas de transformación de residuos se reduce el impacto ambiental que generan los subproductos de las industrias. Además se obtiene un producto que puede ser comercializado como sustrato de cultivo y/o como fertilizante orgánico, así como una fuente de sustancias húmicas.

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 (López, 2002) 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.

Sin embargo, (Collazos et al. 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.

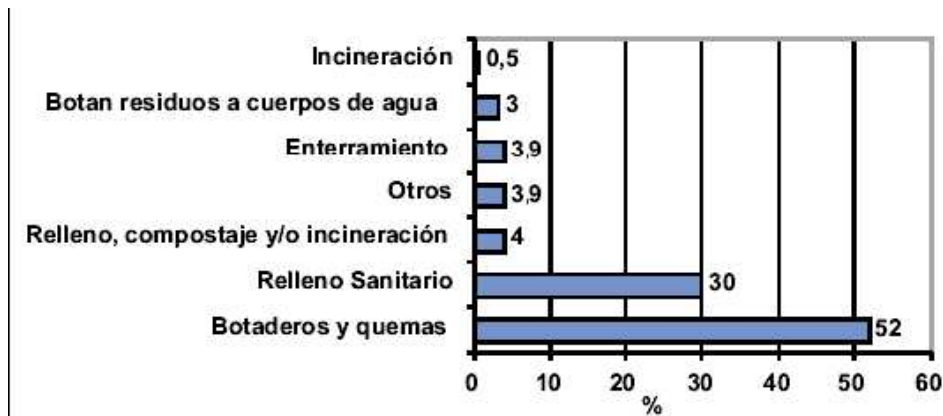
El hombre siempre ha producido residuos. Sin embargo, anteriormente el problema ambiental de los residuos no era tan notable ya que el número de habitantes era relativamente bajo. Como consecuencia del nivel de desarrollo que incentiva al consumismo, el volumen de las basuras ha crecido de forma exagerada, con lo cual la naturaleza está perdiendo la capacidad de auto

depuración. 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 acrecentara 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, 2007). 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. 2007.

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 nutriente	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 sp.</i> , <i>Mucuna sp.</i>	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		<b>Biofertilizantes:</b> Inoculante en turba de <i>Rhizobium</i> para leguminosas, micorrizas, <i>Bacillus subtilis</i> .	<b>Biofertilizantes líquidos:</b> ME 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 estiércoles de animales (bovinaza, gallinaza, porcínaza, equinaza, etc.), los cuales almacenan buena cantidad de micro y macro nutrientes (N, P, K. y otros.) (Kiehl, 1985 citado por Gómez, 2000). (Labrador 2001) agrega que estos están formados por compuestos hidrocarbonatos, 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).
- 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.

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).

## **1.2. PRODUCCION DE ABONOS ORGANICOS A TRAVES DE LA HISTORIA**

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 abono orgánico a partir de procesos de 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 hacia compost (Corazón Verde, 1996).

El primer desarrollo significativo de abono orgánico por medio de 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 primeros 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 (Martínez, 1996). Actualmente en Europa existen plantas capaces de procesar más de 1000 toneladas de residuos sólidos urbanos (RSU) (Henao, 2006). 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).

La lombricultura es otra herramienta claro que más sofisticada que se utiliza en el sector agropecuario para la producción de abono orgánico aprovechando los

desechos orgánicos y estiércoles procedentes de actividades como la ganadería, porcicultura, cunicultura o desechos que se derivan de la producción de hortalizas, de cultivo de flores o de frutales lo mismo que de palma africana de café y de caña de azúcar esta actividad viene de tiempos anteriores y se dice es algo muy antiguo quizás desde hace 700 millones de años, pero el rol en el mejoramiento de las tierras mas conocido data del antiguo Egipto, porque buena parte de la fertilidad del Valle del Nilo dependía del trabajo que ejercía las lombrices sobre el limo logrando que esas tierras fueran realmente excepcionales.

El gran filosofo griego Aristóteles las definió como el intestino de la tierra pues mediante sus observaciones comprobó que grandes cantidades de tierra ingresaban por su boca y eran revertidas nuevamente al suelo en deyecciones.

Charles Darwin (1809 – 1882), hizo algunas observaciones que recopilo en un libro “La producción de tierra vegetal por intermedio de las lombrices” donde sus investigaciones después de cien años siguen teniendo vigencia.

Se recomienda también que hagan uso de ella a medida que se entiendan su aplicación los alcaldes de municipios, porque en la mayoría de ellos hay plazas de mercado y mataderos que generan grandes volúmenes tanto de material vegetal como de estiércoles manipulados inapropiadamente causando un grave problema de contaminación. Hoy la norma ambiental apunta al exigencia de hacer uso de estos desperdicios apropiadamente, reciclándolos o transformándolos, revirtiendo ala comunidad unos beneficios tanto económicos como ambientales importantes (Díaz, 2007).

Dentro del grupo de especies consideradas como menores algunas han sobresalido y cobrado verdadera importancia por su facilidad de adaptación convirtiéndose en una manera apropiada dentro de la finca o unidad productiva.

La actividad normal del hombre sobre el planeta genera una cantidad promedio de 3 kilogramos de basura por día de la cual el 70 % es de origen vegetal susceptible de ser aprovechada.

Es por ello que el conocimiento apropiado de esta técnica (lombricultura) nos permitirá aprovechar eficientemente estos residuos, colocándolos como base o materia prima para la fabricación de abonos orgánicos.

Cada día hay mayor interés en poner a producir predios rurales que han pasado a manos de jóvenes generaciones consientes de cambiar el viejo esquema de lugares de descanso por lugares productivos y rentables, es por ello que la producción de lombrices se presenta con buenas perspectivas y se convierte en un negocio en donde el uso oportuno de la tierra debe llevar consigo una practica amigable y sostenible en el tiempo, de otra parte se convierte en una excelente alternativa para el manejo ecológico de desperdicios contaminantes como la basura orgánica de ciudades y los estiércoles de beneficiadores municipales entre otros.

Para establecer un criadero de lombrices en forma apropiada se debe contar con personal idóneo y asesoría técnica, pues manejar este tipo de explotación se puede hacer de diferentes formas, desde montones de materia orgánica a las que se les adiciona la lombriz en diferentes métodos como: módulos, cajones, fosas, canastillas con ranuras y liberación directa en el campo.

## **CAPITULO II**

### **AGROECOLOGIA Y BIORREMEDIACION EN COLOMBIA**

En la actualidad se están utilizando diferentes técnicas a nivel mundial para la rehabilitación de los suelos contaminados, permitiendo analizar y desarrollar estrategias que neutralizan los diversos contaminantes, utilizando la herramienta biológica natural, denominándola Biorremediación. (M. Vidali, 2001)

En este contexto la pretensión fundamental es ir un poco más allá de los programas de Biorremediación, ya que surge en un marco de discusiones y acuerdos mundiales sobre la protección del medio ambiente, desarrollándose como un punto de equilibrio entre biotecnología y la defensa del medio ambiente.

Uno de los aspectos que más se ha basado la biorremediación es la introducción de un tratamiento convencional de limpieza, utilizando tecnología de investigación en este campo, siendo esta una buena alternativa, ya que la Biorremediación no solo, no causa daño al medio ambiente sino que de hecho propone soluciones a los problemas ambientales junto con la tecnología de punta.

Partiendo de lo anterior es preciso aclarar que estas técnicas de biorremediación solo actúan frente a compuestos que son biodegradables o sea materiales de rápida y completa degradación. Es justamente aquí donde se inserta la problemática y las discusiones ya que no todos los productos de desecho son degradables, así como existen diferentes productos de biodegradación que pueden ser más tóxicos que el compuesto original por tanto lo que realizamos con el proceso de compostaje es una pequeña parte para ayudar al mundo a ser menos tóxica para nosotros mismos.

Las técnicas biotecnológicas han mejorado con el paso del tiempo adquiriendo experiencias así como permitiendo el análisis de los diferentes procesos, teniendo en cuenta la biología molecular, la biotecnología y sobre todo la ecología, todos ellos enfocados a un solo fin, la limpieza del medio ambiente en general.

Sin embargo estos estudios están familiarizados con la biotecnología ambiental, la cual utiliza organismos vivos, como bacterias, microorganismos, hongos los cuales son capaces de degradar las sustancias tóxicas dando el significado de inocuidad a las tierras y el ambiente que la poseen así mejorar todo lo referente a la salud humana.

Para estos procesos de degradación es necesario que las bacterias y los contaminantes estén en contacto, estando repartidas de forma uniforme en el suelo, para mejorar estos procesos es ideal utilizar algunos agentes tensoactivos como dodecyl sulfato de sodio y por supuesto activar o mejorar el proceso de degradación por medio de la adición de otros componentes como lo son la oxigenación, mejorando la humedad, pH entre otros para el crecimiento y trabajo óptimo de estos microorganismos.

Ahora se está trabajando todo lo referente al fitomejoramiento que es una de las técnicas más avanzadas utilizando la misma plantación para que todas las sustancias tóxicas que se encuentren en el medio ambiente sean absorbidas por las mismas plantas y ellas las devolverán al medio pero en una forma agradable para el mismo así lograr la biorremediación naturalmente sin necesidad de procesos largos y costosos por supuesto ayudado por los procesos de enriquecimiento de nutrientes a los suelos por medio de los abonos orgánicos ya que estos ayudan al mejoramiento de las plantas en cuanto a crecimiento, defensa y por ende calidad de producción (ICA, 2005).

En este sentido la biodegradación debe ir mas allá de su interpretación actual según la cual se ve como la nueva herramienta de conversión de contaminantes de muy tóxicos a menos tóxicos o mejor no tóxicos. Por lo tanto debemos ver la biorremediación, como una técnica que posee múltiples ventajas, como que: es un proceso natural, de bajo costo, se controla la contaminación del sitio, y se optimiza los parámetros medio ambientales.

A pesar de que la Biorremediación posee múltiples ventajas ella también muestra diferentes desventajas, entre las que tenemos, que no todos los compuestos son de rápida y fácil degradación, que algunos productos son muy tóxicos y cuando estos se degradan algunas veces se vuelven mas tóxicos, que los microorganismos necesitan de condiciones mínimas ambientales para su crecimiento y si no se puede dar la conversión pero muy lentamente por tal motivo si necesitamos de profesionales en el área para que agilicen los procesos de degradación que el ambiente necesita.

Somos conscientes de que la discusión sobre un tema tan controvertido como el de la Biorremediación y su relación con el medio ambiente, no puede agostarse en un espacio tan breve, pero lo que pretendo es manifestar que debe existir un punto de equilibrio ideal entre la tecnología y la preocupación del medio ambiente puesto los dos parten de la vida en un sentido amplio y activo.

Se debe luchar en la construcción de una agricultura que no degrade recursos tan valiosos como el suelo y el agua, debemos potenciar las ventajas que tenemos en el trópico, una de ellas es la biodiversidad, que aunque frecuentemente se nos dice que aquí en Colombia somos dueños de la mayor diversidad biológica del mundo, paradójicamente no la conocemos. Estamos haciendo un uso práctico de la biodiversidad cuando trabajamos con cultivos asociados o con rotaciones, cuando incluimos árboles y arbustos en los potreros, cuando estimulamos la microbiología del suelo al suprimir las quemadas y recurrimos a la labranza cero o

mínima o cuando estimulamos mecanismos naturales de regulación de patógenos o de plagas ( Izquierdo, 2006).

Desde la óptica agroecológica existe todo un bagaje de conocimientos y experiencias del cual nos podemos servir en el compromiso de garantizar rentabilidad y de obtener alimentos sanos sin degradar el medio. Sin embargo, tecnologías como la elaboración de abonos orgánicos fermentados sólidos o líquidos o la elaboración de caldos minerales, entre otras, no tienen la debida difusión. A esto se agrega que en el ámbito de la investigación y de la academia (Institutos, universidades) nos seguimos moviendo principalmente en el marco de la Revolución Verde, modelo que ya cumplió su función histórica y que por el contrario, especialmente en nuestros países tropicales, ha demostrado limitaciones de todo orden (Izquierdo, 2006).



## **CAPITULO III**

### **TECNICA DE COMPOSTAJE.**

El constante incremento en la generación de residuos sólidos urbanos que experimenta la sociedad hace necesaria una correcta gestión de los mismos. El reciclado es un aspecto muy importante para minimizar el impacto ambiental ocasionado por los residuos y su destino final. El compostaje hace referencia al tratamiento de residuos basado en el reciclado de la materia orgánica mediante un proceso controlado de fermentación en condiciones aeróbicas (Xavier, 2007).

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: mesófilica y termófilica; 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).

El producto final del compostaje es un material parecido al humus del suelo, denominado compost, fácil de almacenar y transportar, que tiene un interesante valor agronómico, principalmente por su contenido en materia orgánica y en elementos fertilizantes, que se utiliza en distintas actividades agrícolas: frutales, viñas, cítricos, olivos, cultivos hortícolas, floricultura y jardinería, entre otros.

Además también se emplea para mejorar los suelos, ya que da cuerpo a las tierras ligeras, disgrega a las compactas, evita la formación de costras y airea las raíces, regulando la permeabilidad y el drenaje de los mismos. En consecuencia, más que un sistema de tratamiento de residuos, puede ser contemplado como un procedimiento de obtención de un material útil a partir de una materia prima calificada como residuo.

Todo ello hace que el compostaje se plantee en la actualidad como una de las mejores alternativas para la gestión de residuos de naturaleza orgánica, incluidos los residuos sólidos urbanos. 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.).

### **3.1 PROCESOS DE COMPOSTACION**

El proceso de compostaje tiene la particularidad que es un proceso que se da con elevadas temperaturas. La pre-fermentación es la primera fase del proceso de compostaje, que comienza bajo el impacto de bacterias mesófilas. En esta fase, la

temperatura del material aumenta rápidamente y el proceso de biodegradación empieza. La temperatura puede subir hasta 75 ° C. Esto es equivalente al grado 1 de madurez. La pre-fermentación se realiza durante los primeros días del compostaje. Para que el proceso se desarrolle normalmente es imprescindible que haya humedad y oxígeno suficientes, ya que los microorganismos encargados de realizar la descomposición de los materiales orgánicos necesitan de estos elementos para vivir.

Durante la segunda fase, la fermentación principal, la temperatura sigue manteniéndose a un nivel relativamente alto por causa del calor producido por la actividad microbiológica. La elevada temperatura que adquiere la pila de compost (o abonera) es muy importante, ya que es una manera de eliminar muchos tipos de microorganismos que pueden perjudicar a las plantas que cultivemos y que se encontraban presentes en el material original. En esta fase, la biodegradación se realiza por bacterias termófilas (grado 2-3 de madurez).

La velocidad del proceso de compostaje alcanza a su nivel más alto durante las dos primeras fases. Paralelamente, las emisiones y la necesidad de aireación y humedecimiento también se encuentran sobre su nivel más alto. Por esta causa, el control del proceso es especialmente importante durante este tiempo.

La última fase del proceso de compostaje es la maduración e higienización. El proceso de biodegradación se desarrolla más despacio y las emisiones también se disminuyen. En general no hay necesidad de aireación o humedecimiento durante esta fase. Sin embargo, en esta fase es ventajoso continuar la mezcla/revuelta y el movimiento del material para obtener un producto homogéneo e higiénico. Al final de la última fase, el compost tiene el grado 4 o 5 de madurez.

Los principales grupos de microorganismos que participan en el proceso son los hongos, las bacterias y los actinomicetos. Estos, al tener diferencias nutricionales

y metabólicas, son capaces de descomponer los compuestos químicos simples y complejos que están en la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos como son lípidos, proteínas, aminoácidos, lignina y celulosa.

La presencia de materiales complejos demora el proceso al tener que sintetizar enzimas específicas y actuar sobre la biomasa de manera conjunta.

Los patógenos son organismos que pueden resultar dañinos para los humanos, los animales y las plantas. El incremento de la temperatura alcanzado durante el proceso de composteo, unido a la competencia y el antagonismo entre los grupos de microorganismos son elementos que reducen considerablemente el número de agentes patógenos animales y vegetales en el producto final.

El proceso de compostación se puede dar de dos formas diferentes que son las siguientes:

3.1.1. 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 Beltsville). 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 Rutgers).
- 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.

3.1.2. 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.

Según lo estudiado de la literatura sería de suma importancia realizar este proceso de compostaje en sistema abierto, ya que se disminuirían muchos costos refiriéndose a toda la infraestructura que toca realizar, y sobre todo mejoraría la calidad del abono orgánico.

Se plantea organizar un invernadero o una cubierta la cual proteja al compostaje y el lombricompostaje de la lluvia, viento y otros factores que puedan afectar el buen rendimiento del proceso.

En Colombia en el mayor de los casos no se utilizan cubiertas para este tipo de procesos ya que requiere una gran inversión pero lo que no se dan cuenta los productores de estos insumos es que el realizarlo de esta forma ayuda mucho evitar problemas en el proceso y mejora la calidad del abono orgánico.

Estos sistemas de invernadero se utilizan mucho en Europa en donde el proceso de compostaje es bastante utilizado y por ende la producción del mismo es grande y de muy buena calidad.

3.1.3. Descripción del proceso: El compostaje es un proceso biológico, aeróbico y termófilo (con incremento de la temperatura) de descomposición de residuos orgánicos en fase sólida y en condiciones controladas que consigue la transformación de un residuo orgánico en un producto estable en mayor o menor grado, aplicable a los suelos como abono; aunque en algunos casos se ha definido como un método para estabilizar residuos, en general es más correcto hablar de descomposición porque no siempre se puede asegurar que esta estabilización sea total.

Se trata de un proceso aeróbico porque, aunque se pueda realizar de forma anaerobia, la presencia de oxígeno es aconsejable para poder alcanzar temperaturas más altas, acelerar el proceso, eliminar olores y a la mayoría de agentes patógenos o parásitos molestos; proceso biológico ya que son los microorganismos los que realizan el trabajo; y finalmente, se trata de un proceso de descomposición de residuos orgánicos pues en su fase inicial se degradan toda una serie de compuestos, siendo este substrato la base del alimento de los microorganismos.

3.1.3.1. Fases del proceso del compostaje:

- Fase termófila: En esta etapa se produce un aumento progresivo de la temperatura del material a compostar. Hacia los 70° C cesa prácticamente la

actividad microbiana. La aireación de este compost provoca el reinicio del proceso, con la aparición de microorganismos mesófilos, incremento de la temperatura y aparición de nuevo de microorganismos termófilos. Durante estos cambios de temperatura las poblaciones bacterianas se van sucediendo unas a otras. Este ciclo se mantiene hasta que, debido al agotamiento de nutrientes, la temperatura ya no alcanza estos valores.

A lo largo de todo el proceso van apareciendo las formas resistentes de los microorganismos cuando las condiciones de temperatura hacen inviable su actividad normal. Sin embargo, es interesante alcanzar estas temperaturas para conseguir la eliminación de microorganismos patógenos.

- Fase de maduración: En esta etapa ya no se producen las variaciones tan acusadas de temperatura obtenidas en la fase anterior debido a la limitación de nutrientes, desarrollándose tanto organismos mesófilos como termófilos, con un descenso importante de la actividad microbiana.

Se observa como el compostaje es un proceso dinámico, debido a la actividad combinada de una amplia gama de poblaciones de bacterias y hongos, ligados a una sucesión de ambientes definidos por la temperatura, humedad, características de los residuos, etc. Cada población bacteriana tiene unas condiciones ambientales más adecuadas para su desarrollo así como unos tipos de materiales que puede descomponer más fácilmente; por esta razón, una población empieza a aparecer mientras que otras se encuentran en el momento más elevado de su desarrollo y otras empiezan a desaparecer. De esta forma se complementan las actividades de los diferentes grupos.

Conseguir un buen compost se reduce por lo tanto a proveer a los microorganismos de un buen entorno para que desarrollen su actividad. Para ello hay que prestar atención a una serie de parámetros para crear las condiciones óptimas de trabajo: temperatura, humedad, pH, oxígeno y balance de nutrientes.

#### 3.1.4. Condiciones ambientales del proceso:

3.1.4.1. 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).

3.1.4.2. Contenido de humedad: Para Xavier (2006) 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).

3.1.4.3. 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 CO<sub>2</sub> (Corbitt, 2003). Sin embargo Xavier (2006) 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 amoniaco, 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 compostacion.

3.1.4.4. Temperatura: La temperatura está condicionada por la humedad y la aireación, y varía dependiendo de la actividad metabólica de los microorganismos. Se consideran óptimas las temperaturas del intervalo 35-55 °C para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos interesantes para el proceso mueren y otros no actúan al estar esporados.

Las variaciones de temperatura están tan relacionadas con el funcionamiento del proceso que su seguimiento puede ser una manera de controlar el mismo. Los microorganismos que toman parte en la descomposición de los residuos sólidos son fundamentalmente bacterias y hongos, que mantienen su actividad en un determinado intervalo de temperatura; de esta forma, se pueden distinguir microorganismos mesófilos, que desarrollan su actividad entre 15 y 45°C, y termófilos, que desarrollan su actividad entre 45 y 70°C (Peña, 2002)

Tan pronto como se ha apilado la materia orgánica comienza la actividad microbiana, si las condiciones son las adecuadas. El síntoma más claro de esta actividad es el incremento de temperatura en toda la masa. La velocidad con que

se incrementa la temperatura depende del tipo de material a compostar y de los factores ambientales, pero en general se considera que, como mínimo, a los dos días de haberse hecho la pila con los residuos la temperatura puede haber llegado a los 55°C. El grupo que resulta favorecido por una temperatura concreta descompondrá la materia orgánica del residuo a compostar, utilizándola como fuente de energía y desprendiendo como consecuencia calor (Espino, 2003).

Aunque en principio podría parecer interesante que la temperatura no superase los 40-60°C, óptimo biológico de los microorganismos termófilos, en la práctica se hace necesario que se alcancen temperaturas más elevadas y que éstas se mantengan a fin de eliminar parásitos y microorganismos patógenos.

3.1.4.5. pH: El pH influye en el proceso de compostaje a causa de su acción sobre los microorganismos. En general, los hongos toleran un amplio margen de pH, que va desde 5 hasta 8, mientras que el margen para las bacterias es más estrecho, ya que oscila entre 6 y 7,5 (Espino 2003). El pH inicial del proceso dependerá del tipo de residuo o mezcla de residuos a compostar y, generalmente, a lo largo del proceso se manifiesta una progresiva alcalinización del medio.

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). El pH recomendado para un sistema de compostaje debe estar en un rango de 6.5 a 8 (Xavier, 2006).

3.1.4.6. 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 (Heno, 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%. Niveles inferiores del 5 % de oxígeno pueden provocar condiciones anaeróbicas, mientras niveles superiores al 15 % da lugar a pérdidas de calor y una pobre destrucción de organismos patógenos (Corbitt, 2003).

3.1.4.7. Agentes biológicos: los agentes biológicos mas destacados en estos procesos de compostacion son las bacterias, hongos, nematodos entre otros patógenos que pueden llegar a causar daño en los cultivos y de igual forma a las personas que laboran en el proceso de producción del abono o en el agro.

Los efectos sobre la salud en trabajadores de plantas de compostaje se hallan relacionados mayoritariamente con su exposición a agentes biológicos en forma de aerosoles (bioaerosoles). Distintos estudios han observado la aparición en estos trabajadores del denominado síndrome tóxico del polvo orgánico que se ha asociado con la exposición permanente en este tipo de instalaciones a una gran variedad de bacterias, sobretodo Gram negativo, hongos y endotoxinas que se pueden liberar al ambiente durante el proceso (Rosa, 2006).

3.1.4.8. Agentes químicos: El principal problema de las plantas de compostaje aeróbico son los olores provocados por la emisión al ambiente de compuestos orgánicos volátiles (COV). Esta emisión se puede iniciar ya con la recepción de los residuos a la planta y sobre todo en las fases iniciales del proceso de compostaje. Además, en el caso de producirse condiciones anaerobias de los residuos a compostar, debido a una incompleta o insuficiente aireación, se producirán compuestos de azufre de olor intenso, mientras que una degradación aeróbica incompleta resultará en la emisión de alcoholes, cetonas, esterres y ácidos orgánicos; por otro lado, un balance de nutrientes equivocado puede dar lugar a emisiones de COV y amoniaco, habiéndose medido concentraciones de 4,2 mg/m<sup>3</sup> de éste último (Gadea, 2007).

3.1.5. 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 más 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.

3.1.6. Criterios de calidad de un compost: la calidad del compost está dada por el método utilizado al compostar, por la calidad de la materia prima utilizada y demuestra por medio de unos análisis físico – químicos y organolépticos realizados en un laboratorio de reconocimiento nacional.

3.1.7. 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 ICA de 2003, son los siguientes:

Tabla 2: Parámetros físico-químicos y microbiológicos

Humedad	15% máximo
Contenido de carbono orgánico total	5 – 15%
Nitrógeno total	10% mínimo
Riqueza mínima de cada elemento	2% máximo
CaO+MgO + elementos menores	10% mínimo
Densidad	Menor de 1 gr/cc
pH	Reportarlo
Residuo insoluble	50% contenido cenizas
<b>METALES PESADOS</b>	
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

“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 nematodos” (NTC 5167, ICA 00150, 2003).

### 3.1.8. Ventajas y desventajas del uso de compostaje.

#### 3.1.8.1. Beneficios del uso de compostaje:

Entre los beneficios del compostaje se incluyen:

- **Acondicionamiento del suelo:** La utilización del compost como enmienda orgánica o producto restituidor de materia orgánica en los terrenos de labor tiene un gran potencial e interés en nuestro país, ya que la presencia de dicha materia orgánica en el suelo en proporciones adecuadas es fundamental para asegurar la fertilidad y evitar la desertización. Además, cabe comentar que la materia orgánica en el suelo produce una serie de efectos de repercusión agrobiológica muy favorable.
- **Mejora las propiedades físicas del suelo:** La materia orgánica contribuye favorablemente a mejorar la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola (serán más permeables los suelos pesados y más compactos los ligeros), aumenta la permeabilidad hídrica y gaseosa, y contribuye a aumentar la capacidad de retención hídrica del suelo mediante la formación de agregados.
- **Mejora las propiedades químicas:** La materia orgánica aporta macronutrientes N, P, K y micronutrientes, y mejora la capacidad de intercambio de cationes del suelo. Esta propiedad consiste en absorber los nutrientes catiónicos del suelo, poniéndolos más adelante a disposición de las plantas, evitándose de esta forma la lixiviación. Por otra parte, los compuestos húmicos presentes en la materia orgánica forman complejos y quelatos estables, aumentando la posibilidad de ser asimilados por las plantas.
- **Mejora la actividad biológica del suelo:** La materia orgánica del suelo actúa como fuente de energía y nutrición para los microorganismos presentes en el

suelo. Estos viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización. Una población microbiana activa es índice de fertilidad de un suelo.

- Facilita el manejo de estiércoles: El compostaje reduce el peso, el volumen, el contenido en humedad, y la actividad de los estiércoles. El compost es mucho más fácil de manejar que los estiércoles, y se almacena sin problemas de olores o de insectos y puede ser aplicado en cualquier época del año. Esto minimiza las pérdidas de nitrógeno y el impacto ambiental en el campo.

- Aplicabilidad al suelo Tanto el compost como los estiércoles son buenos acondicionadores del suelo con valor fertilizante (Fig. 2). Normalmente el estiércol se añade al suelo directamente, proporcionándole calidades comparables a las que alcanzaría con el compost. Sin embargo, el acondicionamiento del suelo, no justifica por sí solo hacer compost a partir de estiércoles. Hay beneficios complementarios por la utilización de compost, como son:

- El compost convierte el contenido en nitrógeno presente en los estiércoles en una forma orgánica más estable. Por tanto, esto produce unas menores pérdidas de nitrógeno, el cual permanece en una forma menos susceptible de lixiviarse y, por tanto, de perder amonio.

- La mayoría de los estiércoles tienen una elevada relación carbono/nitrógeno. Cuando se aplican al suelo directamente, el exceso de carbono en los estiércoles hace que el nitrógeno en el suelo quede inmovilizado y, por tanto, no disponible para el cultivo. El compostaje disminuye la relación carbono/nitrógeno a niveles aceptables para la aplicación al suelo.

- El calor generado mediante el proceso de compostaje reduce la viabilidad de las semillas que pudieran estar presentes en el estiércol.

- Disminuye los riesgos de contaminación y malos olores: En la mayoría de las granjas, el estiércol es más un residuo que un subproducto con valor añadido. Los principales inconvenientes son los olores y la contaminación por nitratos. El compostaje puede principalmente disminuir estos problemas.
- Destruye los patógenos: La destrucción de patógenos durante la fase termófila permite la utilización no contaminante del abono orgánico.
- Producto comercializable: Una de las características más atractivas del compostaje es que existe un mercado para el producto.
- Entre los compradores potenciales se incluyen los agricultores que practican agricultura ecológica u horticultura más o menos intensiva, fruticultores, particulares que poseen viviendas con jardín, dueños de pastizales, operadores de campos de golf y propietarios de viveros. El precio de los compost varía considerablemente en función de las características, envasado y calidad, materiales de partida utilizados y destino del producto terminado, puesto que aún hoy en día, se le considera como un producto residual en unos casos o como producto de lujo en otros. El precio depende igualmente del mercado local.

3.1.8.2. Desventajas del uso del compost: Entre las desventajas que se le atribuyen al compost están:

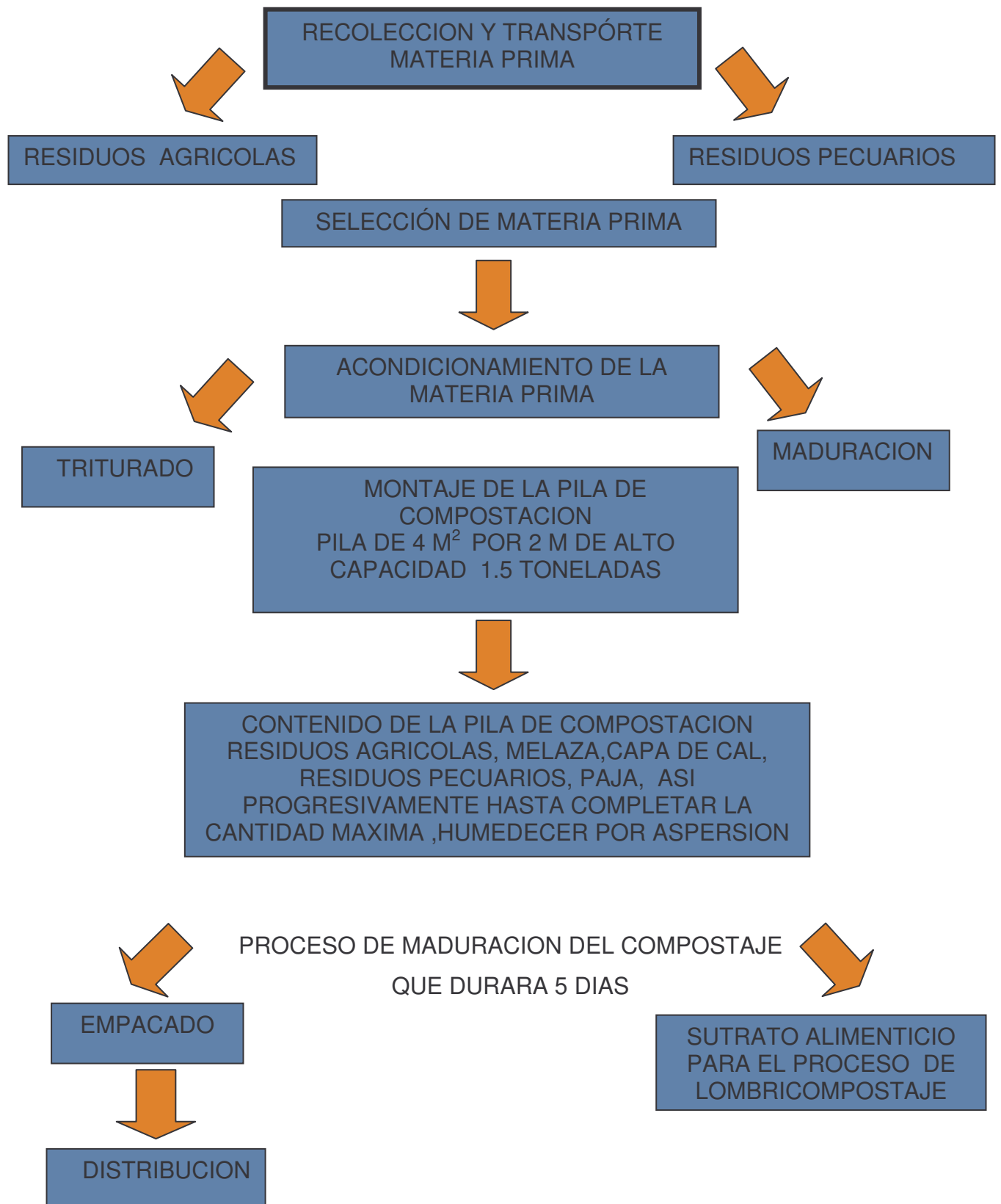
- Las de tipo económico: A la hora de plantearse un compostaje hay que tener en cuenta que este proceso supone una cierta inversión, ya que se necesitan una serie de equipos y a veces unas mínimas instalaciones, si bien es cierto que la mayoría de las operaciones del proceso se pueden realizar con maquinaria existente en cualquier granja.
- Las de disponibilidad de terreno: No hay que olvidar que dentro del proceso de compostaje hay que prever un terreno para almacenar los materiales de partida,



otro para mantener los compost durante la fase de maduración y otro para almacenar los productos ya terminados, además del espacio dedicado al compostaje propiamente dicho.

- Las de tipo climatológico: Si el clima es muy frío, el proceso se alarga debido a las bajas temperaturas, e incluso, a veces, se para, debido a la imposibilidad de hacer funcionar los equipos adecuadamente a causa de las heladas y nevadas. Las lluvias excesivas también pueden dar lugar a problemas de encharcamientos y anaerobiosis si no hay un buen drenaje y una inclinación adecuada del terreno.
- Las de tipo medioambiental: Estas desventajas se pueden evitar con una buena práctica a la hora de realizar el proceso y con una buena elección del terreno donde se van a almacenar, tanto los materiales iniciales como los compost en fase de maduración, ya que es en este periodo donde hay más peligro que las pérdidas de nitrógeno, en forma de nitratos, contaminen las aguas subterráneas.
- Las de valor fertilizante: En general los compost tienen fama de que su contenido en nitrógeno es muy bajo, pero eso es sólo cierto si a lo largo del proceso ha habido pérdidas debido a una mala práctica. Por otra parte, las cantidades que hay que aplicar de compost son superiores a las que habría que aplicar cuando se usan fertilizantes químicos de síntesis, debido a que en un compost los nutrientes se encuentran en formas muy complejas que necesitan sufrir en el suelo un proceso de mineralización para ser asimilados por las plantas. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la aportación en sucesivas cosechas será menor debido al efecto residual a que da lugar la más lenta liberación de nutrientes.

### 3.2. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE SUGERIDO.



## **CAPITULO IV.**

### **TECNICA DE LOMBRICOMPOSTAJE**

A lo largo de los estudios hasta hoy realizados se ha comprobado la importancia que las lombrices de tierra llevan a cabo en el recurso suelo. La actividad metabólica de la biota edáfica, involucra acciones muy diversas que inciden sobre las diferentes propiedades físicas, químicas y biológicas, creando de esta manera, condiciones óptimas para la nutrición, el crecimiento y el desarrollo de las plantas.

La actividad de la biota edáfica, principalmente la de las lombrices de tierra contribuye a modificar las propiedades físicas del suelo, por el efecto marcado que ellas ejercen al elaborar sus galerías y al depositar sus deyecciones de acuerdo a la especie en la superficie o a diferentes profundidades en el perfil, coadyuvando en esta forma a mejorar las características físicas del recurso.

Las lombrices ejercen un papel notable en las propiedades químicas de los suelos, ya que ellas transforman la materia orgánica a través de la acción enzimática llevada a cabo en su sistema digestivo, liberando el producto de éste al suelo (Romero, 1998). Esta labor de gran importancia, concentra en las deyecciones de las lombrices, nutrientes en formas más disponibles para las plantas; las heces dejadas en el suelo son ricas en materia orgánica, nitrógeno total, calcio y magnesio intercambiable y fósforo asimilable; además, se favorece el porcentaje de saturación de bases y la capacidad de intercambio catiónico, entre otros.

El lombricompostado obtenido bien sea de origen animal, vegetal o mixto, ha sido utilizado por el hombre desde tiempos remotos para el abonamiento de las tierras dedicadas a la agricultura y la ganadería. Muchos son los efectos benéficos producidos por ellos ya que éstos son materiales de rápida biodegradabilidad, portadores de diversos nutrientes y cuando se incorporan al suelo en condiciones

adecuadas, mejoran la producción de los cultivos y las características físico-químicas del suelo.

El valor agronómico de los lombricompuestos está determinado por su composición, la cual es difícil de definir por cuanto varía en función del tipo de residuo orgánico, los métodos empleados para su fermentación, época del año, entre otros. Tal variedad de factores determinan la imposibilidad de establecer una composición Standard para tales materiales (Romero, 1998).

Es bien sabido que el desarrollo de estrategias interactivas se constituye en herramientas que generan espacios de intercambio y retroalimentación de los resultados que se logran en el desarrollo de las investigaciones. Lo anterior pone de manifiesto la importancia de realizar este tipo de acciones con el fin de beneficiar a la comunidad.

Las lombrices se adaptan a distintos tipos de desechos y se convierten en un recurso valioso en la piscicultura como alimentación y como carnada; reducen, además, malos olores, moscas y poblaciones de microorganismos dañinos para la salud humana y, también, pueden atenuar los efectos de la contaminación por desechos orgánicos (Colectivo de autores, 2005).

En el mundo existen aproximadamente más de 6000 especies, solamente 12 de ellas se utilizan para la producción del humus de lombriz, pero en nuestro país y en otros de América Latina las especies más utilizadas son la lombriz roja africana (*Eudrilus eugeneae*) y 2 especies de lombrices rojas californianas (*Eisenia andrei* y *Eisenia foetida*) (Toledo, 2001).

#### **4.1. METODOS DE CRIA**

En general, se puede decir que la lombriz roja Californiana puede criarse en cualquier lugar. Lo más común es el criadero al aire libre, haciendo cunas de 1 a 2 m de ancho por el largo que se desee. Una cuna no es más que un espacio rectangular delimitado por maderas, ladrillos, bloques de cemento o cualquier elemento que sirva de contención. Pero tampoco esto es imprescindible, puesto que se puede simplemente apilar el alimento sobre el suelo e introducir en él las lombrices.

La comida que se les brinde debe ser materia orgánica parcial o totalmente descompuesta. De no ser así, las altas temperaturas generadas durante el proceso de fermentación (hasta 75° C), matarán a las lombrices. El proceso de fermentación, llamado también compost, se realiza de diversas maneras y según la materia utilizada.

Por lo general, se emplea una mezcla de estiércol de vaca o caballo, con otro residuo celulósico, como paja, hierba, etcétera. No obstante, puede usarse cualquier materia orgánica, como pasto, hojas, papeles, cartones, cáscaras, maderas y otras. En el curso de maduración la mezcla alcanza altas temperaturas que matan los gérmenes patógenos. Una acción sucesiva de bacterias y hongos, convierte a la mezcla en una sustancia color castaño oscuro, inodora y apta para alimentar a las lombrices. Esta comida debe proporcionárseles periódicamente y en cantidad suficiente para satisfacer sus requerimientos.

Una vez establecido el lugar para la cría y luego de haber armado la cuna, se cubre con una capa de paja o pasto seco. Posteriormente se le agrega el compuesto orgánico debidamente humedecido y finalmente se agregan las lombrices sobre la superficie, quienes por sí mismas se introducirán en el lecho.

A partir de este momento se debe poner cuidado en cuatro detalles:

Proporcionarles el alimento necesario, humedecido y con el debido grado de descomposición. Calcular la cantidad de comida es muy fácil: si hay tres kilogramos de lombrices, deben incorporarse tres kilogramos de alimento humedecido por día.

1. Mantener la humedad de la cuna. En general, si el alimento está humedecido correctamente, la cuna mantiene una humedad relativamente estable. Si es necesario, se puede regar la cuna con una regadera.
2. Cuidar el pH. Es conveniente que esté próximo a 7. Si el nivel no es el conveniente, no hay que asustarse, ya que el pH se corrige de manera muy sencilla.
3. Controlar la temperatura. Nos referimos esencialmente al calor y al frío intenso. Los que dificultan el normal desenvolvimiento de las lombrices. Siempre es recomendable cubrir las cunas con una capa de paja o pasto, que además de proteger de las temperaturas extremas, ayuda a conservar la humedad.

Aproximadamente a los dos meses de comenzada la actividad, la población de lombrices habrá aumentado al doble. Entonces será tiempo de duplicar el espacio de la cuna y también la cantidad de alimento diario. Cuando transcurran otros dos meses, deberá duplicar nuevamente el espacio y el alimento y así, sucesivamente hasta que decida realizar su primera "cosecha".

En ese momento puede vender hasta el 50 % de la población sin riesgos, ya que en dos meses se habrá duplicado nuevamente. Entonces, cada dos meses (o menos si las condiciones de cría son óptimas), puede repetir la venta. A medida que transcurre el tiempo, la cuna contendrá mayor cantidad de humus. Puede extraerlo y almacenarlo hasta que decida comercializarlo.

4.1.1. Cría en cajones: la lombricultura familiar es una iniciativa que puede realizarse tanto en el interior (sótanos, galpones, invernáculos) como en balcones y al aire libre, Una de las formas más sencillas es empleando cajones de madera o de polietileno (en este caso hay que practicar varios orificios en el fondo).

En primer lugar se colocan las lombrices en un extremo del cajón colocando una pequeña capa de basura al costado. La basura que se agrega diariamente no requiere acondicionamiento previo, si bien es importante cubrir siempre los residuos con una capa de tierra o de lumbricompost para evitar el ingreso de insectos y para incorporar bacterias que aceleren la digestión. Hasta que las lombrices no se hayan desplazado al sector de la basura no es conveniente cubrirlas con los desechos para evitar perjudicarlas con el calor de la fermentación.

Una vez lleno el cajón, se comienza otro, tomando para la siembra de lombrices algunos ejemplares del primer cajón. Es importante que los cajones no estén expuestos a pleno sol ni a la voracidad de los pájaros. La basura debe agregarse gradualmente junto al núcleo inicial de lombrices, sin cubrirlas. Esto recién se puede hacer cuando las lombrices estén aclimatadas y se puedan desplazar por una buena parte del cajón.

Durante el proceso de cría los cajones deben regarse regularmente pero no en demasía. Si el cuidador debiera ausentarse por algún tiempo prolongado, se puede asegurar el riego simplemente dejando hundida en el compost una botella llena de agua y boca abajo. Cuando la basura de los cajones se transforme en una masa oscura, es tiempo de retirar las lombrices. Para ello, primero se las deja unos días sin alimento. Luego se extiende sobre el medio de cría una capa de 5 cm de estiércol o alimento para perros, o cualquier otro residuo orgánico que tenga a mano. Al cabo de unos días las lombrices suben a comer y pueden ser retiradas. El compost puede conservarse en cajones, bolsa u otro tipo de

recipiente donde pueda mantener una humedad de 30- 40% y pueda ingresar un poco de aire. Las lombrices que se extraigan sirven para iniciar nuevos cajones, o bien para pesca, alimento para animales, harina, etc.

Foto 1. Lombricompostaje en cajones.



Fuente (Ríos, 1993).

4.1.2. Cría intensiva: La Lumbricultura intensiva se realiza en una estratificación de material orgánico, generalmente estiércol procedente de caballerizas, tambos o mataderos, llamada *cuna o lecho* sobre la cual se incorporan las lombrices. Las cunas se instalan al aire libre, aunque en zonas muy frías es conveniente utilizar invernáculos.

Para iniciar una explotación de lombrices al aire libre, con futuro comercial, se requiere de un terreno cercado, con disponibilidad de agua abundante y de buena calidad (no salobre).

El terreno para establecer la cría de lombrices debe estar ubicado en una zona donde sea fácil encontrar las sustancias orgánicas, base de la alimentación y en un lugar accesible por buenas vías que permitan el ingreso de las materias primas cuando sea necesario y el retiro del producto elaborado mediante vehículo.



La explotación intensiva de la lombriz roja, de acuerdo con las experiencias de algunos lombricultores, se puede realizar en aquellos terrenos de baja fertilidad preferiblemente con desnivel y buen drenaje.

Cuando el humus se extrae por métodos mecánicos (pala mecánica), el polietileno es fácilmente dañado por la máquina, la cual al remover el producto excava igualmente la tierra.

Las cortinas de árboles (barreras vivas) son muy importantes, no sólo por brindar protección contra los vientos fuertes, sino también para combatir el frío, ya que permiten mantener la temperatura en 2º ó 3º C más dentro del predio. Las cunas se deben colocar en el sentido de los vientos dominantes.

Cuando se crían a la intemperie es muy importante ubicarlas en un lugar sombreado, aunque evitando los árboles resinosos (pinos) y aquellos que contengan tanino (nogales, castaños) ya que sus hojas resultan tóxicas para los gusanos. En el caso de instalar las cunas bajo la copa de árboles frutales, deben evitarse los tratamientos con insecticidas ya que los mismos o las hojas tratadas que caen sobre los lechos, perjudicarían a los planteles.

Es conveniente situar las cunas al amparo de los vientos fuertes, en el sentido de los vientos dominantes. Los sitios que con frecuencia se inundan deben ser descartados por completo. El terreno debe poseer una ligera pendiente para que el agua de lluvia se escurra con facilidad.

Los lechos suelen ser simples montículos alargados o pueden estar construidas con alambre tejido o placas metálicas para una mayor protección contra posibles predadores y facilitar su manejo.

Las dimensiones de las cunas varían de acuerdo al tipo de explotación: desde 1 por 3 metros cuando se usa una carretilla en instalaciones pequeñas, hasta 1,90

por 3,80 en granjas más importantes donde se emplea un tractor con pala mecánica.

Para facilitar el laboreo, las cunas deben estar en líneas no mayores de 50 metros de largo. En los lugares de bajas temperaturas y donde la lluvia no constituye un peligro se hacen las cunas bajo tierra, cavando un pozo de más de 1m de ancho por 50 cm de profundidad.

Foto 2. Producción intensiva de lombricompost.



Fuente. (Colectivo de autores, 2005).

4.1.3. Preparación de los lechos: las cunas, lechos o literas suelen ser simples montículos alargados sobre el suelo, de forma rectangular, formados por el alimento para las lombrices. O pueden estar delimitados por madera, malla de alambre, placas metálicas, ladrillos, bloques de cemento o cualquier otro material que sirva de contención.

En los lugares de bajas temperaturas y donde la lluvia no constituye un peligro se hacen las cunas en tierra, cavando un pozo de 1 a 1.20 mts. de ancho por 50 cm. de profundidad y el largo requerido.

En términos generales las dimensiones de las cunas pueden ser de 1 metro de ancho, 40 a 50 centímetros de alto y un largo de 2 metros o más, pero sin sobrepasar lo 30 metros con el fin de facilitar las operaciones de laboreo. La

disposición de las camas, su separación y su tamaño tienen mucho que ver con la forma de realizar las labores de producción, si éstas son manuales o con maquinaria.

Otra alternativa válida para la producción de lombrices es la elaboración de camas en forma de troja, construidas a cierta altura sobre el piso, con materiales propios de la región y de bajo costo como: guadua abierta o cañabrava hendida, la cual se reviste internamente con polietileno resistente debidamente perforado en la parte correspondiente al fondo de la cama, para favorecer el drenaje.

El uso de cajas o canastillas plásticas como lecho o cama para las lombrices, tiene las siguientes ventajas:

- Ahorro de mano de obra en un 35%
- Ahorro de espacio, mínimo en un 40%
- Fácil manipulación
- Densidad de población por caja es mayor
- La cosecha es más productiva en un 40% si se compara con los procedimientos tradicionales
- No se necesita de infraestructura física para instalarlas
- Las cajas son durables por lo cual permiten un uso prolongado.

## **4.2. CONDICIONES AMBIENTALES PARA EL DESARROLLO DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (EISENIA FOETIDA).**

4.2.1. Humedad: Será del 70% para facilitar la ingestión de alimento y el deslizamiento a través del material. Si la humedad no es adecuada puede dar lugar a la muerte de la lombriz. Las lombrices toman el alimento chupándolo, por tanto la falta de humedad les imposibilita dicha operación. El exceso de humedad origina empapamiento y una oxigenación deficiente.

4.2.2. Temperatura: El rango óptimo de temperaturas para el crecimiento de las lombrices oscila entre 12-25° C; y para la formación de cocones entre 12 y 15° C. Durante la temporada de temperaturas elevadas, se recurrirá a riegos más frecuentes, manteniendo los lechos libres de malas hierbas, procurando que las lombrices no emigren buscando ambientes más frescos. Los cambios bruscos de temperatura alteran su función reproductiva y temperaturas inferiores a 10°C reducen su actividad.

4.2.3. pH: El pH óptimo es 7. El factor pH mide lo alcalino o ácido del sustrato, es un factor que depende de la humedad y temperatura, si éstos son manejados adecuadamente se controla el pH. La lombriz acepta sustratos con un pH de 5 a 8.4, por debajo o pasándose de esta escala la lombriz entra en un periodo de dormición.

4.2.4. Riego: Los sistemas de riego empleados son el manual y por aspersión. El manual consta de una manguera de goma de características variables según la función de los lechos. Por su sencillez es muy difundido pero requiere un trabajador aplicado exclusivamente a esta labor, cuando el tamaño del cultivo así lo requiere.

El riego por aspersión requiere mayor inversión, habiendo diversas modalidades según su disposición en los lechos. Si el contenido de sales en el agua de riego es muy elevado se ocasionará una disminución en el valor nutritivo del vermicompost. Los encharcamientos deben evitarse, ya que un exceso de agua desplaza el aire del material dificultándose la respiración de las lombrices y provocando fermentación anaeróbica.

4.2.5. Aireación: Es fundamental para la correcta respiración y desarrollo de las lombrices. Si la aireación no es la adecuada el consumo de alimento se reduce; además del apareamiento y reproducción debido a la compactación.

4.2.6. El sustrato o alimento para las lombrices: El sustrato colocado en el lecho es la base alimenticia de las lombrices, las cuales lo transformarán en humus. Este sustrato debe contener vitaminas y minerales esenciales para asegurar su crecimiento y desarrollo.

El sustrato constituye la base del lecho y puede formarse a partir de una mezcla de materiales orgánicos, mejor si son ricos en celulosa. En este material se colocarán las lombrices lo cual obliga a utilizar únicamente materiales ya descompuestos, de tal manera que la temperatura interior del material sea la adecuada para las lombrices.

Los materiales orgánicos útiles en la alimentación de lombrices son muy variados, destacándose entre otros:

- Restos de serrerías e industrias relacionadas con la madera.
- Restos de podas de árboles y jardines.
- Materiales orgánicos de basuras urbanas.
- Desperdicios de mataderos.
- Residuos vegetales procedentes de explotaciones agrícolas.
- Residuos agro-industriales.
- Estiércol de especies domésticas.
- Frutas y tubérculos no aptos para el consumo.
- Desperdicios vegetales de la cocina.
- Fangos de depuradoras.

El sustrato puede construirse a partir de materia orgánica, estiércol, papel, cartón picado y en general toda clase de material vegetal seco (cascarilla de arroz, viruta de madera sin resinas ni taninos, hojas secas, etc.) y debe reunir las siguientes características, independientemente de las sustancias que lo conformen:

- Tener un pH no inferior a 6 ni superior a 8. De la alcalinidad y acidez del sustrato depende el éxito de la producción

- Retener la humedad.
- Mantenerse poroso, si es demasiado apretado las lombrices no pueden tomar el oxígeno a través de su piel, se vuelven inactivas y presentan una coloración rojo oscuro.
- Libre de sustancias químicas como insecticidas, fungicidas y herbicidas.
- Tener bajo contenido de proteínas y fósforo.

En general el sustrato es estiércol fresco, este, debe dejarse madurar mínimo 15 días antes de realizarse la siembra de las lombrices para evitar altas temperaturas y liberación de gases que son nocivos para ellas.

#### **4.3 Clasificación ecológica de la lombriz roja californiana (eisenia foetida)**

Epigea: Porque vive sobre la superficie de la tierra y comen solamente materia organica, y producen humus. Los peligros a los que han estado expuestas las hizo desarrollar adaptaciones para sobrevivir como alta reproducción, buen apetito para aprovechar al máximo las fuentes de comida (Compagnoni, 2007).

4.3.1. Morfología de la lombriz roja californiana: La lombriz roja californiana depende de múltiples características entre las que se encuentran:

Externa: la lombriz roja es un anélido cilíndrico y alargada, formada por numerosos anillos cubiertos por un tegumento resistente. Su tacto es el más desarrollado, debido a unas células especiales que presenta a lo largo de su cuerpo, reaccionando a la luz intensa. En su estado adulto la longitud promedio es de 15.6 cm y su peso 2.5 gramos. En la parte anterior se desarrolla el Clitellium, que indica la madurez sexual, la cual se alcanza aproximadamente a los 192 días.

Músculos : luego de la cubierta cuticular externa viene la epidermis, seguida de una capa de fibras circulares y más internamente otra de fibras longitudinales que

le permite efectuar cualquier tipo de movimiento; por último el espacio denominado “celoma” que aloja los órganos vitales.

**Digestión:** Ingiere al día una cantidad equivalente a su peso. Se alimenta de restos vegetales y animales, es decir es omnívora. Por acción de la faringe el alimento es succionado a través de la boca, pasando por el esófago donde se encuentran las glándulas calcíferas, que neutralizan la acidez presente en el alimento, luego pasa al estómago el cual desemboca en el intestino que termina en el orificio anal.

**Sistema nervioso:** Constituido por un ganglio cefálico, del cual se desprende un cordón nervioso ventral que recorre todo el cuerpo por medio de ramificaciones. El sistema nervioso epidérmico reemplaza los ojos y oídos.

**Respiración:** Se cumple a través de la piel tomando oxígeno (O<sub>2</sub>) del aire por medio de capilares epidérmicos, que comunican a todo el cuerpo; a la vez elimina el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por el mismo sistema. · **Circulación :** la ejercen varios pares de corazones, ubicados en cada metámero que bombean la sangre por el vaso ventral, el cual se ramifica en delgados capilares en todo el cuerpo, completándose el circuito con un vaso dorsal y dos vasos laterales.

**Reproducción:** su actividad reproductiva la inicia en promedio a los 192 días, con una postura media de 19 cápsulas con un 37% de sobrevivencia. Hermafrodita incompleta porque no puede autofecundarse, debe acoplarse intercambiando esperma y reteniéndolo en su órgano genital femenino, hasta la fecundación que se efectúa a través del “Clitellium”, cuyas glándulas producen la cápsula de donde emergen los embriones, después de un período de 22 días de incubación, con un promedio del 65% de juveniles sobrevivientes.

**Excreción:** en condiciones nutricionales optimas, fisiológicamente esta en capacidad de excretar en forma de humus entre el 60% y el 80% del alimento

ingerido, a través de un par de nefridios presentes en todos los anillos, menos en los tres primeros y en el último, que hacen la función de riñones y eliminan urea, amoníaco y creatinina mediante poros que comunican cada nefridio con el exterior.

Deyecciones : la acción de trituración y mezcla del sustrato que pasa por el tracto digestivo de la lombriz, es de tipo mecánico pero toma un valor bioquímico por el efecto de los microorganismos presentes en los intestinos, haciéndolos más asimilables para la nutrición de las plantas.

#### **4.4. VENTAJAS DE LA UTILIZACION DE LOMBRICOMPUESTO**

Presenta ácidos húmicos y fúlvicos que mejoran las condiciones del suelo, retienen la humedad y puede con facilidad unirse al nivel básico del suelo (Gómez, 2000).

- Introduce grandes cantidades de microorganismos benéficos al sustrato, que corresponden a los principales grupos fisiológicos del suelo.
- Favorece la acción antiparasitaria y protege a las plantas de plagas.
- Desintoxica los suelos contaminados con productos químicos
- Presenta hormonas que aceleran la germinación de las semillas, elimina el impacto del trasplante y estimular el crecimiento de la planta, y acorta los tiempos de producción y cosecha (Suqilanda, 1997).

#### **4.5. MANEJO DEL PIE DE CRIA**

4.5.1. Adquisición de la semilla: La semilla constituye el pie de cría que se va a utilizar para sembrar los lechos e iniciar el cultivo. Se debe asegurar su consecución de un solo proveedor y ojala de sitio conocido, procurando incluir el mayor porcentaje de lombrices en estado reproductivo Cerciórese que la lombriz



roja que va a comprar corresponda con el tipo o especie que desea adquirir. No mezcle nunca la lombriz roja con otras especies de lombrices.

4.5.2. Siembra de lombrices: El lombricultivo se inicia depositando (sembrando) el pie de cría en las camas. La siembra consiste en incorporar manualmente las lombrices a los lechos una vez realizadas las pruebas que garanticen el estado óptimo del sustrato. No debe sembrarse toda semilla al mismo tiempo, primero debe probarse el sustrato.

4.5.3. Prueba de supervivencia: Antes de hacer la siembra del pie de cría sobre el sustrato con el cual se prepararon las camas, es importante asegurarnos que el material utilizado reúna las condiciones requeridas por las lombrices. Debe realizarse entonces la prueba que se denomina: de adaptación o supervivencia, conocida comúnmente como Prueba de 50 lombrices (P50L). Para ello se utiliza una caja de madera (dimensiones de 30 x 30 x 15 cm.), con agujeros de drenaje en el fondo, donde se deposita una capa del alimento de unos 10 centímetros de grosor sobre el cual se colocan 50 lombrices entre adultas y jóvenes agrupadas en el centro de la caja. Si al cabo de 24 horas las lombrices están en buen estado se puede continuar el proceso. Debe dejarse que las lombrices se introduzcan solas, no preocuparse por cubrirlas.

Las lombrices al introducirse tratarán de descubrir si el nuevo ambiente es adecuado para garantizar primero su permanencia y después su acción productiva. Pasadas 24 horas hay que verificar si las 50 lombrices se encuentran en condiciones óptimas, es decir si están vivas. La condición ideal es que estén vivas la totalidad de las lombrices. Algunos lombricultores consideran aceptable encontrar máximo 2 lombrices muertas, cuando las otras 48 están en condiciones normales. Su muerte pudo haberse producido por efectos de la manipulación desde la adquisición hasta el momento de la prueba.

Si mueren más de 2 quiere decir que el alimento no reúne aún las condiciones adecuadas y hay que proceder a realizar las correcciones. Por el contrario si todas las lombrices están vivas o al menos 48 y se han distribuido dentro del material, el alimento ha sido correctamente preparado y se puede proceder a la inoculación de las lombrices dentro de las camas.

Para corregir las condiciones inadecuadas del alimento se debe hacer lo siguiente:

- Si el pH es alto (alcalino), agréguele papel periódico picado
- Si el pH es bajo (ácido), agréguele cal y mézclela
- Si es por poca humedad, agréguele agua
- Si tiene exceso de agua, facilite el drenaje rápido

Si la temperatura del material es alta, deje descomponer durante más tiempo el material del lecho o retire parte de él, dejando una capa más delgada.

#### **4.6. EXTRACCIÓN DE HUMUS**

Al terminar la separación de las lombrices, se procede a retirar el humus (lombrihumus). Cuando el tamaño de la explotación lo amerite, la extracción del material elaborado por las lombrices conviene hacerlo por medios mecánicos pues permite disminuir costos. En caso contrario su retiro será eminentemente manual.

El Humus se puede utilizar con la humedad que se obtiene (alrededor de 70 A 80%) o rebajarla hasta un 50%, con la cual usualmente se comercializa. Para esto se pueden utilizar secadores solares, como el de tipo parabólico usado para secar café, construido en guadua y plástico o simplemente extendiéndolo sobre el piso o un plástico.

Se debe garantizar que la humedad no baje del 40 %, puesto que todavía hay actividad microbiana que es la que le da la calidad a este producto, como uno de los mejores fertilizantes orgánicos del mundo.

Una vez seco se criba o tamiza y puede envasarse en bolsas de polietileno de diferentes tamaños, que tengan aireación, para su venta. Los materiales más gruesos producto del tamizado se integran nuevamente al lecho.

En un envase que deje entrar un poco de aire y con un 40 % de humedad, el humus mantiene sus cualidades durante muchos años.

Es importante tener presente que para que la actividad sea rentable las cunas deben manejarse como unidades de producción de humus con un ciclo de tres meses, al cabo del cual el lombricompuesto es extraído rápidamente aunque no esté totalmente listo.

Una vez retirada la mayor parte de la población de lombrices de la cuna, se extrae el humus inmediatamente, para someterlo a un proceso de homogenización.

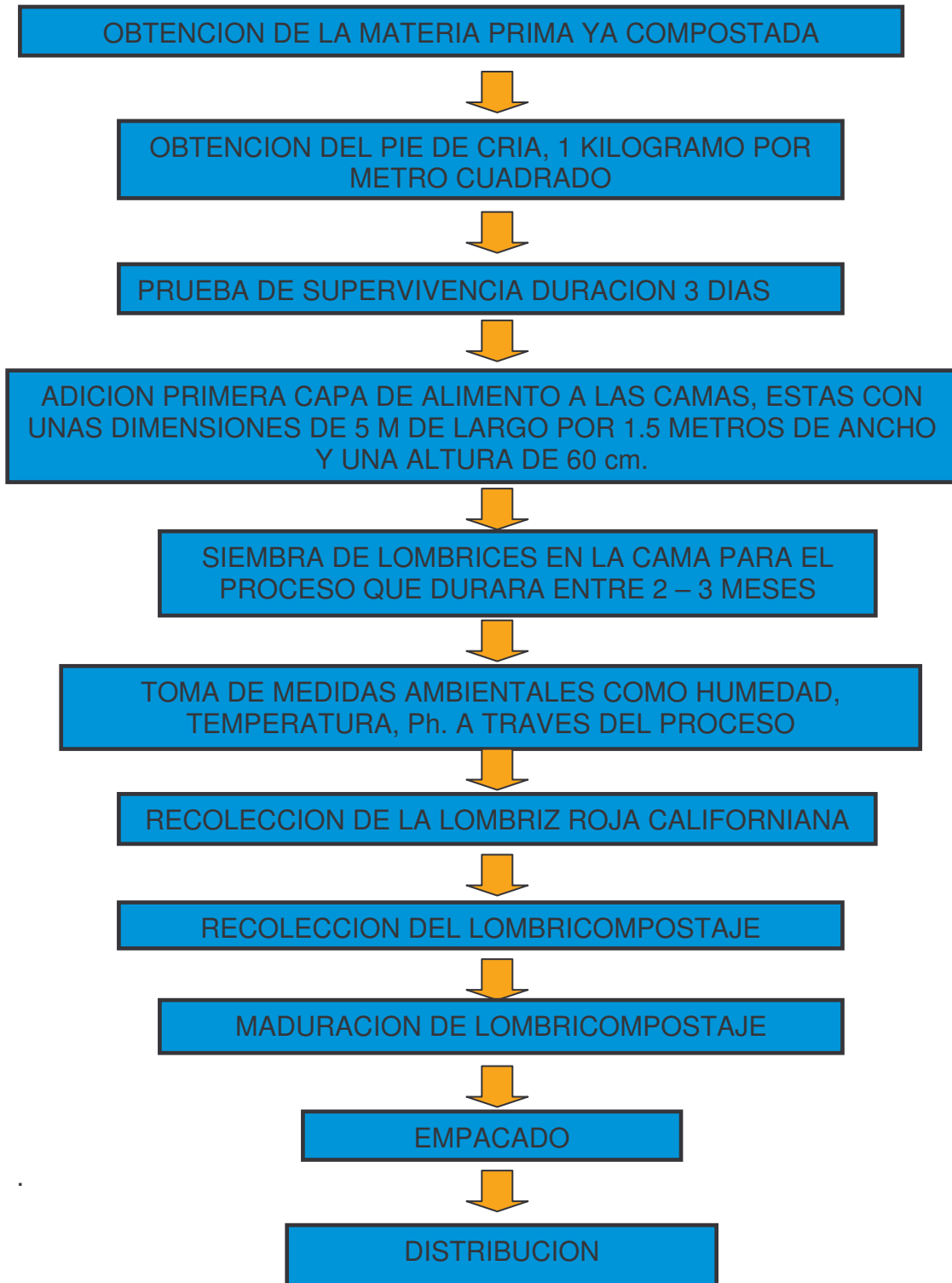
El proceso de homogenización se completa en tres o cuatro meses por acción de las bacterias, y de las lombrices que no fueron extraídas al realizar la cosecha. La pila de post-elaboración se puede dejar a la intemperie lo cual mejora progresivamente la calidad del producto.

Por efectos del proceso de desterronado y tamizado del material, la pérdida en lombrices rezagadas puede rondar el 20% o más. Esta puede disminuirse si se tiene la precaución de colocar junto a la pila de post-elaboración una franja de estiércol para atraer con su olor a las lombrices rezagadas.

Para tener sólo una referencia orientativa, por cada tonelada de alimento que se coloca en una cuna en el período productivo, se extrae media tonelada de humus en tres meses de actividad. En el período de expansión, este resultado lleva más tiempo.

Un metro cúbico de humus pesa unos 500 Kg. Su peso específico es de 0,5-0,6. Si supera estos valores puede contener tierra.

#### 4.7 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE LOMBRICOMPOSTAJE SUGERIDO



## CAPITULO V

### COSTOS APROXIMADOS DE LA PLANTA, MATERIAS PRIMAS Y BALANCE DE MASAS DE LOS PROCESO DE PRODUCCION DE ABONOS ORGANICOS

#### 5.1. ESPECIFICACIÓN ZONAS DE PLANTA Y COSTOS APROXIMADOS DE CONSTRUCCION

EXTENSION DE TIERRA: 2000 Mt<sup>2</sup> El terreno debe ser plano con una inclinación muy mínima, con buen drenaje y buen suministro de agua.

La extensión de tierra se dividirá por áreas de la siguiente manera:

- Zona de oficina: con una extensión de **60 metros** cuadrados.
- Zona de recepción materia prima: con una extensión de **100** metros cuadrados.
- Zona de compostaje: con una extensión de **752** metros cuadrados.
- Zona de lombricompostaje: con una extensión de **560** metros cuadrados.
- Zona de maduración: con una extensión de **100 metros** cuadrados.
- Zona de almacén: con una extensión de **50** metros cuadrados.

#### **Para un total construido de 1622 metros cuadrados**

5.1.1. Zona de oficinas: dentro de las oficinas se realizaran los baños y vestiers. Estas se realizaran con paredes de ladrillo rustico y teja de zinc. Tendrá una construcción de 60 metros cuadrados, el costo de la construcción será de: 7.136.000 millones de pesos. Especificados de la siguiente manera:

- Metros cuadrados de ladrillo rustico: 2.415.000 pesos. Cada mt<sup>2</sup> 70 ladrillos.
- 10 hojas de zinc: con un valor total de 190.000 pesos.

- 30 bultos de cemento con un valor total de 456.000 pesos con un valor por unidad de 15200 pesos.
- 150 metros de cabilla para bases con un valor total de 300000 pesos.
- Plástico especial para el piso con un valor total de 200.000 pesos.
- Obra de mano por un valor total de 1.000.000 pesos.
- Divisiones de oficina por un valor total de 1.200.000 pesos
- Baños y vestiers por un valor total de 800000 pesos.

**Para un total de 7.136.000 pesos.**

5.1.2. Zona de recepción de materia prima: Esta zona debe estar cubierta totalmente ya que es donde estará la materia prima que emanara malos olores. Esta zona se realizara con bases metálicas, techo de zinc, y un cubrimiento de malla y plástico para protección de ratas y otros. Esta zona tendrá un área de 100 metros cuadrados el cual saldrá por el siguiente valor:

- 8 Bases metalizas por un valor de 120000 cada base con un **total de 960000 pesos.**
- 20 laminas de zinc por un valor de 19000 pesos cada una por un valor **total de 380000 pesos.**
- metros de malla metálica para encerrar el área con un **valor total de 320000 pesos.**
- 150 metros de malla plástica para encerrar el área con un **valor total de 180000 pesos.**
- 8 sacos de cemento por un **valor total de 121600 peso**
- Piso por un **valor total de 1.000.000**
- Mano de obra por **valor total de 1.000.000 pesos.**

**Para un total de 3.961.600 pesos.**

5.1.3. Zona de compostaje: este posee una extensión de 752 metros cuadrados los cuales estarán dispuestos únicamente para el proceso de compostaje conformando pilas de 1 tonelada en un área de 4 metros cuadrados con una altura de 2 metros. Para una producción total de 80 toneladas.

Los materiales que se necesitan con su respectivo valor son los siguientes:

- 22 Bases metálicas con un valor de 120000 pesos cada una con un **valor total de 2640000 pesos.**
- 140 hojas de plásticas con un valor de 35000 pesos cada una **para un total de 4.900.000 pesos.**
- metros de Malla metálica para encerrar el área por un **valor total de 230000 pesos**
- 115 metros de malla plástica con un **valor total de 138000 pesos.**
- 15 sacos con cemento por **un valor total de 228.000 pesos**
- Mano de obra **1.250.000 peso total.**

**Para un costo total de 9.386.000 pesos.**

5.1.4. Zona de lombricompostaje: Esta posee un área de 560 metros cuadrados la cual estará conformada por 20 camas cada cama con una longitud de 5 metros de largo por 1.5 metros de ancho y una altura de 60 cm. Con una capacidad de 3.0 toneladas de materia prima cada una.

- 15 bases por un **precio total de 1800000 pesos.**
- 108 Laminas de zinc por un **costo total de 2052000 pesos.**
- 400 metros de Malla metálica para encerrar el área hasta arriba con un **costo total de: 800000 pesos.**
- 110 metros de Malla de plástico para cubrir la parte de abajo del área con un **costo total de: 132.000 pesos**



- 20 camas con un valor de 140.000 pesos cada una para un **total de 2800000 pesos**
- 30 sacos de cemento con un **valor total de 456.000**
- Mano de obra con un **costo total de 1.850.000 pesos.**

**Para un total de construcción de 9.890.000 pesos.**

5.1.5. Zona de maduración: esta zona tendrá una longitud de 100 metros cuadrados la cual estará totalmente cubierta y con piso cubierto en plástico especial.

- 8 Bases metalizas por un valor de 120000 cada base con un **total de 960000 pesos.**
- 20 laminas de zinc por un valor de 19000 pesos cada una por un valor **total de 380000 pesos.**
- metros de malla metálica para encerrar el área con un **valor total de 320000 pesos.**
- 150 metros de malla plástica para encerrar el área con un **valor total de 180000 pesos.**
- Piso por un **valor total de 1.000.000 pesos**
- Mano de obra por **valor total de 1.000.000 pesos.**

**Para un total de 3.840.000 pesos.**

5.1.6. Zona de almacenamiento de producción: Esta zona debe estar cubierta totalmente ya que es donde estará el producto ya terminado. Esta zona se realizara con bases metálicas, techo de zinc, y un cubrimiento de malla y plástico para protección de ratas y otros el piso ira cubierto con el tapete plástico.

Esta zona tendrá un área de 50 metros cuadrados el cual saldrá por el siguiente valor:

- 4 Bases metálicas por un valor de 120000 cada base con un **total de 480.000 pesos.**
- 10 laminas de zinc por un valor de 19000 pesos cada una por un valor **total de 190000 pesos.**
- metros de malla metálica para encerrar el área con un **valor total de 240.000 pesos.**
- metros de malla plástica para encerrar el área con un **valor total de 144.000 pesos.**
- 10 bolsas de cemento por un valor de **152.000 pesos.**
- Piso por un **valor total de 600.000 pesos**
- Mano de obra por **valor total de 800.000 pesos.**

**Para un valor total de: 2.606.000 pesos.**

5.1.7. Valor aproximado general de la planta de abonos orgánicos

Para un total general de construcción de **36.819.600 pesos.**

Costo del lote de dos hectáreas **20.000.000 millones de pesos.**

Para un total de construcción con el terreno de: **56.819.600 pesos.**

## **5.2. COSTOS APROXIMADOS DE LA MATERIA PRIMA PARA EL PROCESO DE COMPOSTAJE Y LOMBRICOMPOSTAJE.**

5.2.1 Costos aproximados de la materia prima para el proceso de compostaje:

- Melaza por un total de **17000 pesos 10K.** Para 1 tonelada de materia prima que produce 700 K. de compostaje se necesita 5 K. de melaza diluidas en 5 litros de agua cada una. **8500 pesos por tonelada de materia prima.**
- Estiércol de ganado **50000 pesos la tonelada.** Para 1 tonelada de materia prima adicionamos 185 K. de estiércol para obtener 700 K. de abono orgánico **9250 pesos para 1 tonelada de abono**

- Desechos agrícolas **4000 pesos la tonelada**. Para 700K. de abono orgánico se necesita 800K. de desechos agrícolas. Para un total de **3200 pesos**.
- Cal **7000 pesos 10K**. 2 kilogramo diluido cada Kg. en 5 litros de agua para 700K. de compostaje. Por un valor de **1400 pesos**
- Pasto seco con un valor total de **300.000 pesos la tonelada**. se necesitan 8k para 700K. de producto. Con un valor de **2400 pesos**

**En total la materia prima para producir abono orgánico por medio de la técnica de compostaje equivale a \$ 24.750 pesos.**

5.2.2 Costos aproximados de la materia prima para el proceso de lombricompostaje:

- Lombriz roja californiana se consigue por kilos el cual cada **kilo tiene un valor de 6000 pesos**. Para 600K. de alimento necesitamos 10 kilogramos de lombriz roja californiana la cual nos representa unas 7000 lombrices. Por consiguiente la cantidad de lombrices que se necesitan para las camas que miden 7.5 metros cuadrados es necesario 50K. de lombriz el cual equivale a unas 35000 lombrices con un precio final por cada cama de **300000 pesos el pie de cría**. Para un consumo promedio diario de alimento en cada cama de 35K. para un consumo aproximado mensual de 1050K.
- Carbonato de calcio esta se aplica en caso de modificación del pH del medio. El carbonato calcico tiene un valor de **1300 pesos el kilogramo**.
- Sustrato alimenticio para las lombrices: en este proyecto es el compostaje realizado en el proceso anterior este nos cuesta el promedio de **100 pesos el kilogramo**. Utilizaremos 3000K para una cama de 7.5 metros cuadrados de área con una altura de 60 cm.

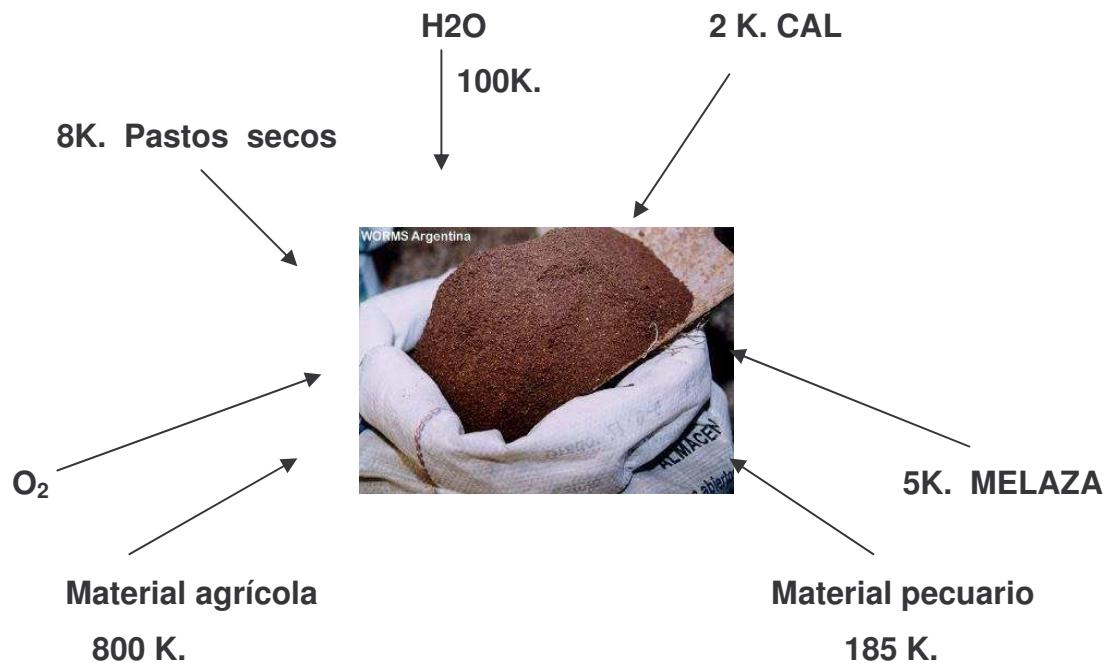
Para un costo total aproximado de materia prima por cama de: **600.000 pesos + costo de el carbonato calcico** si el medio tiene un aumento o baja en el pH.

Nota: tener en cuenta que el pie de cría se duplica cada dos meses y habrán algunas producciones que no será necesario la compra del pie de cría ya que se obtendrá de otras producciones, y la cama tiene una productividad de 1800K. El cual se venderá en 800 – 1000 pesos el Kilogramo dependiendo la calidad.

### 5.3. BALANCE DE MASA DE LOS PROCESOS DE COMPOSTAJE Y LOMBRICOMPOSTAJE

5.3.1. Balance de masa del proceso de compostaje a partir de una tonelada de materia prima:

Figura 2. Cantidades requeridas de materia prima para producción de compostaje a partir de 1 tonelada de materia prima.



Se realizan los volteos dos veces a la semana por periodo de un mes para que el proceso de transformación sea eficiente. Luego del mes realizar los volteos 1 vez a la semana.

Las partículas del material deben tener un diámetro no inferior a 5 cm y no mayor de 7 cm ya que el tamaño puede alterar la correcta fermentación aerobia.

La temperatura debe estar en un rango de 50 – 70 °C.

El pH debe estar a 6.5 – 8.

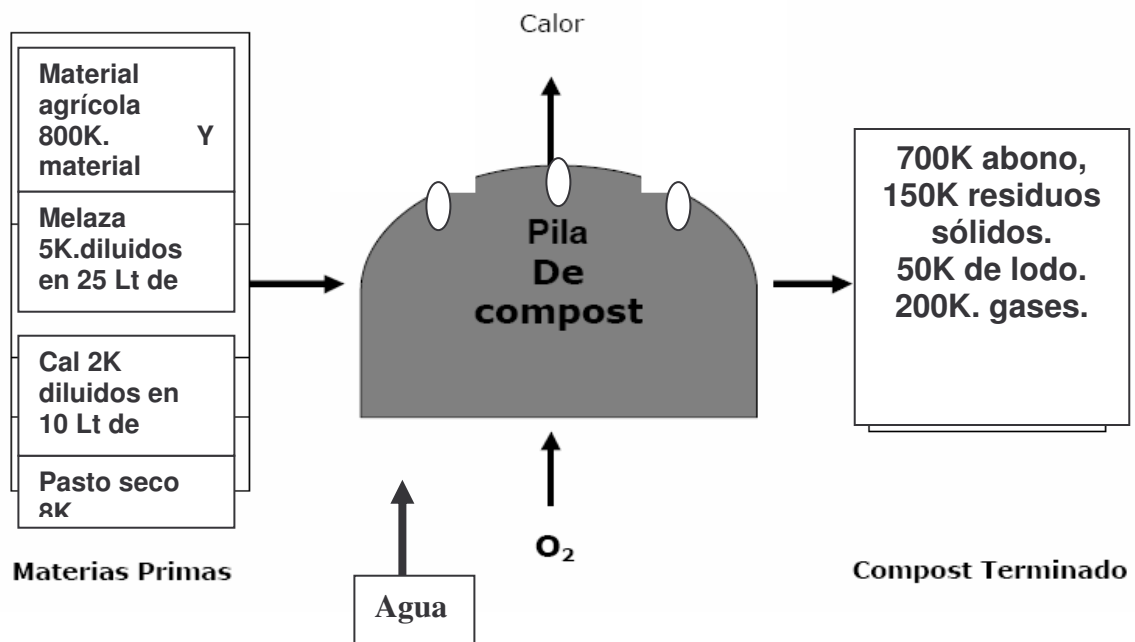
La humedad se recomienda mantenerla en el proceso a 55 - 60 %.

Los volteos permitirán oxigenar el proceso el cual debe estar en un rango 15 – 25%.

Después de terminado el proceso de transformación de los residuos se debe tamizar y se lleva al cuarto de maduración en donde durara una semana.

Y luego se empacara para comercializarlo y de igual forma una buena parte se sacara para el proceso de lombricompostaje.

Figura N° 3 Balance de masa proceso de compostaje a partir de 1 tonelada de materia prima.



800K Material agrícola + 185K Material pecuario + 5K de Melaza + 2K De Cal + 8K De Pasto seco + 100K De Agua  $\longrightarrow$  700K De Abono Orgánico + 150K Residuos Sólidos + 50K De Lodo + Gases

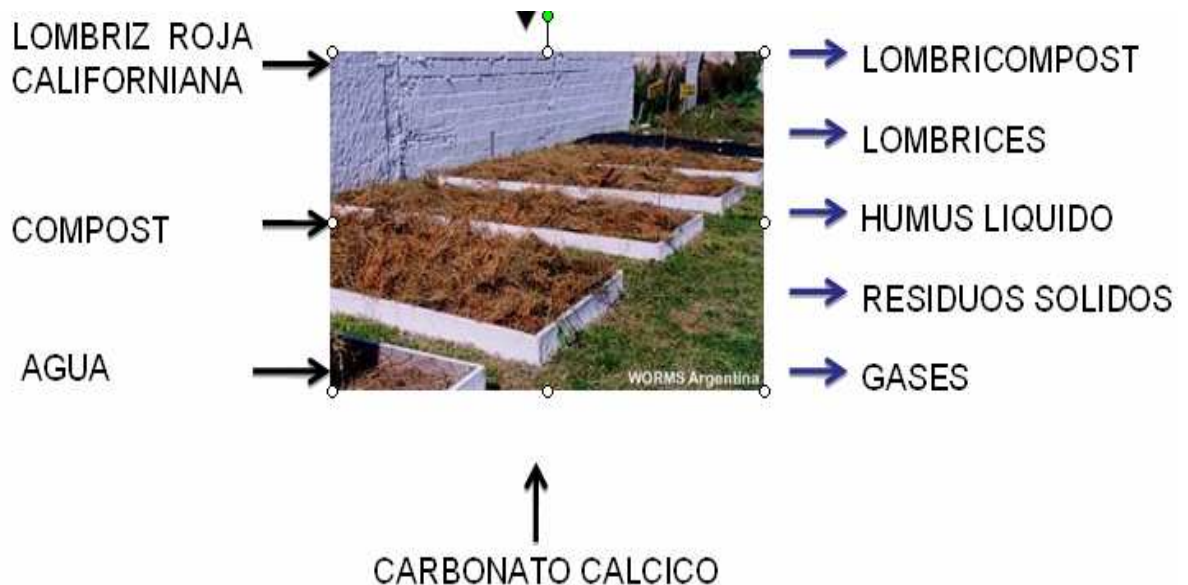
1100K Materia Prima  $\longrightarrow$  900K + Gases

Gases = 1100K – 900K

Gases = 200K

5.3.2. Balance de masa del proceso de lombricompostaje a partir de 3000K. De materia prima que equivale a la capacidad total de una cama con dimensiones de 5 metros de largo \* 1.5 metros de ancho y una altura de 60 cm:

Figura N° 4 Balance de masa proceso de lombricompostaje



**3000K DE COMPOSTAJE + 50K DE LOMBRICES + 500K DE AGUA**



**1800K DE LOMBRICOMPOST + 100K DE LOMBRICES + 500K DE HUMUS LIQUIDO + 500K DE RESIDUOS SÓLIDOS + GASES.**

**3550K DE MATERIA PRIMA  $\longrightarrow$  2900K + GASES**

**GASES = 3550 MATERIA PRIMA – 2900K**

**GASES = 650K.**

## CONCLUSIONES

El documento permite reflexionar sobre el beneficio por la utilización de los abonos orgánicos dando una alternativa para el biomejoramiento del agro – Colombiano, apoyándose en procesos simples y eficaces como lo son el compostaje y el lombricompostaje.

Se aconseja desarrollar la producción de lombrices articulada a las demás actividades productivas de la finca o empresa como alternativa para el reciclaje o transformación de productos de desecho (los residuos orgánicos provenientes de cosechas, estiércol de animales) y su aprovechamiento como insumos en otras actividades.

Por medio de estas técnicas de producción de abono orgánico se puede mejorar la calidad de vida de las personas desde un enfoque laboral ya que estos procesos son de bajo costo, fácil manipulación y de un alto valor agregado, favoreciendo la calidad del medio ambiente.

Utilizando procesos bajo cubierta se da mayor estabilidad y calidad al producto esperado, disminuyendo riesgos y protegiendo el medio ambiente de la contaminación.

Estos sistemas de transformación de residuos reducen el impacto ambiental que generan los subproductos de las industrias. Además se obtiene un producto que puede ser comercializado como sustrato de cultivo y/o como fertilizante orgánico, así como una fuente de sustancias húmicas



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.

La lombricultura es otra herramienta claro que mas sofisticada que se utiliza en el sector agropecuario para la producción de abono orgánico aprovechando los desechos orgánicos y estiércoles procedentes de actividades como la ganadería, porcicultura, cunicultura o desechos que se derivan de la producción de hortalizas, de cultivo de flores o de frutales.

Se debe luchar en la construcción de una agricultura que no degrade recursos tan valiosos como el suelo y el agua, debemos potenciar las ventajas que tenemos en el trópico, una de ellas es la biodiversidad, que aunque frecuentemente se nos dice que aquí en Colombia somos dueños de la mayor diversidad biológica del mundo, paradójicamente no la conocemos.

## BIBLIOGRAFIA

Bongcam V, E., Guía para compostaje y manejo de suelos. Convenio Andrés Bello CAB, serie ciencia y tecnología, Bogotá. 2003

Bruzon C, S.F., 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.

Cantanhede, Á., 1997. Manejo de residuos sólidos doméstico. CEPISOPS. En <http://www.cepis.org.pe/eswww/repamar/gtzproye/compost/compost.html>  
Fecha de consulta, mayo 25 2008.

Castellanos, Y., Tres bacterias para el nuevo siglo. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 2005

Cegarra, J., 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. 1994

Climent M, M.D., Abad B, M., Aragón R, P., 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. 1996

Colectivo de autores. Manual básico de Lombricultura para condiciones tropicales. Nicaragua.2005.

Collazos, P., Duque M, R. Residuos sólidos. Acodal (5 ed.), Santafé de Bogotá, D.C., Colombia. 1998

Corazón verde. Compostaje y lombricultura, San Vicente del Raspeig. Alicante, España, José Antonio Marina (Ed.). 1996 En: <http://www.corazonverde.org/cursos/compost.html>. Fecha de consulta, 15 de mayo de 2008.

Corbit, R. A. Manual de referencia de Ingeniería Medioambiental. BrageMcGRAW-Hill interamericana de España, S.A.U., Madrid, 2003

Costa, F., García, C., Hernández, T. Y Polo, A. Residuos orgánicos urbanos: Manejo y utilización. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, Murcia, España. 1991

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

Del Val, A. Tratamiento de los residuos sólidos urbanos. La construcción de la ciudad sostenible, ETSAM, 1997 (Ed.), En: [españa.http://habitat.aq.upm.es/cs/p3/a014.html](http://habitat.aq.upm.es/cs/p3/a014.html).

Díaz, Jairo. Manual practico de lombricultura. Tenjo 2007.

Espino, R. Diseño de dos alternativas de plantas de composteo con incorporación de residuales sólidos. Trabajo de Diploma. Facultad de Ingeniería Química, 2003.

Gadea Carrera Enrique, Licenciado en Ciencias Químicas, Agentes químicos en los suelos de bella Esparta, tesis doctoral, España, 2007.

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

Gómez Z, J., 2000. Abonos orgánicos, (Ed.), Santiago de Cali. Kiehl E, J., 1985. Fertilizantes orgánicos. Agro., "CERES" Ltda., (Ed.), Sao Paulo.

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.

GOMEZ, Ma. , El Nitrógeno, Zamorano, Tegucigalpa, 2000.

Henao, C.H. 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.

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.

IZQUIERDO Pedro Ernesto, La visión agroecológica para el agro de nuestro país, Colombia, 2006.

Kiely, G. Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, Tecnologías y sistemas de gestión. Brage. McGRAW-Hill interamericana de España. 1999

Kolmans, E., Vásquez, D. Nutrición y abonamiento orgánico. En: Simas, (Ed.), Manual de Agricultura Ecológica: una Introducción a los principios y su aplicación. Managua, Nicaragua. 1996

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

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

Luque M, O. 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. 1997

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

Opazo G, M. Manual para tratamiento integral de basuras: Producción de abono orgánico (compost) a partir de desechos sólidos domésticos. Fondo rotatorio Editorial Tecnología Apropriada y Participación Comunitaria, Enda América Latina, Fedevivenda, Dimensión Educativa, (Ed.), Bogotá, Colombia. 1991

Peña, E y col. M anual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana. 2002.

Puerta E, S. M., (s.f.). Los residuos sólidos municipales Como Acondicionadores de suelos. Corporación Universitaria Lasallista, revista lasallista de investigación, 2007.

ROMERO, M. Transformación de residuos orgánicos a través de la cría de lombrices de tierra. Suelos Ecuatoriales. 1998

Rosa M<sup>a</sup> Alonso Espadalé Licenciada en Ciencias Biológicas, tesis doctoral, biología aplicada, universidad de Alicante, España, 2006.

Soto M, G. 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. 2003

SUQUILANDA, M, Agricultura orgánica, alternativa tecnológica del futuro, UPS ediciones, Quito, 1997.

Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S., 1994. Gestión integral de Residuos sólidos. Mc Graw Hill Interamericana de España, s. a. Madrid

Toledo L, Silvera J, Batista A. uso del humus de lombriz en la CPA "Mártires de Cumanayagua" para el cultivo del tabaco (Nicotiana tabacum). En: IV Encuentro de Agricultura Orgánica. ACTAF La Habana, 299 P, 2001.

Xavier Solans Lampurlanés, Licenciado en Ciencias Biológicas universidad de salamanca, España, 2007.