

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE
QUITO**

**RECICLAJE: UTILIZACIÓN DE DESECHOS
ORGÁNICOS PARA OBTENER ABONO
ORGÁNICO**

Esteban David Andrade García

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención
del título de Ingeniero Ambiental

Quito

31 de Octubre del 2008

HOJA DE APROBACION DE TESIS

para pre-grado

RECICLAJE: UTILIZACIÓN DE DESECHOS

ORGÁNICOS PARA OBTENER ABONO

ORGÁNICO

Esteban David Andrade García

Nombre, título: Utilización de desechos orgánicos para obtener abono orgánico

Director de la Tesis

.....

Nombre, título:

Miembro del Comité de Tesis

Nombre, título:

Miembro del Comité de Tesis

.....

Nombre, título:

Miembro del Comité de Tesis

.....

Nombre, título:

Decano del Colegio

.....

Quito 11 de febrero del 2008

Derechos de autor: Según la actual Ley de Propiedad Intelectual, Art. 5:

“el derecho de autor nace y se protege por el solo hecho de la creación de la obra, independientemente de su mérito, destino o modo de expresión... El reconocimiento de los derechos de autor y de los derechos conexos no está sometido a registro, depósito, ni al cumplimiento de formalidad alguna.” (Ecuador. Ley de Propiedad Intelectual, Art. 5)

Nombre del autor: Esteban David Andrade García

Año: 2008

RESUMEN

La comparación de los procesos de compostaje y lombricultura está basado en el manejo de una agricultura sostenible, para el efecto se ha utilizado los desechos de los jardines y la granja de la USFQ, para obtener abono orgánico. Para este proyecto se implementan dos procesos en la granja de la USFQ que son: lombricultura y compostaje.

En base a estos dos procesos se puede determinar cual de ellos puede ser implementado para la obtención de abono orgánico en la granja tomando en consideración en el análisis:

- Tipo de materias primas.
- Temperatura, humedad y pH en el ambiente y en el interior de cada proceso.
- Tamaño de partícula.

La conclusión al haber finalizado este proyecto muestra que se debe utilizar un sistema híbrido para el reciclaje de los desechos de la USFQ. Se debe combinar un proceso de precompostaje seguido por el proceso de lombricultura. En base a los resultados de laboratorio, el tamaño de partículas y la composición física del material de esta investigación muestran que la lombricultura es el proceso más idóneo para la obtención de abono orgánico; pero este no se puede desarrollar sin realizar primero un proceso de precompostaje.

ABSTRACT.

This Project is based on sustainable agriculture. The study will use the waste from USFQ gardens and farm to obtain manure. The project will use two different processes to obtain manure that are: Worm compost and composting.

Comparing this two processes we it can be concluded witch of them could be implemented to obtain manure based on:

- The type of organic matter that it is available.
- Temperature, humidity and pH of the environment, and also these parameters at the interior of each process.
- Particule size.

At the end of this project the main conclusion shows that it would be implemented a hybrid system to recycle the waist of USFQ. The processes would combine precompost followed by worm composting. Based on the lab results, the particule size and the physical composition of the material, this investigation shows that worm composting is the best best method to obtain manure at the USFQ farm. But this process could not be developed without using a precomposting process at the beginning.

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción.....	4
1.1 Objetivo general.....	6
1.2 Objetivo específico.....	6
2. Fundamentos teóricos.....	7
2.1 Compostaje.....	8
2.1.1 Conceptos generales.....	8
2.1.2 Sistemas de compostaje.....	10
2.1.2.1 Sistemas abiertos.....	11
2.1.2.2 Sistemas cerrados.....	13
2.1.3 Condiciones operacionales en la producción de compost.....	14
2.2 Lumbricultura.....	17
2.2.1 Conceptos generales.....	17
2.2.2 Sistemas de lumbricultura.....	18
2.2.2.1 Sistemas a pequeña escala.....	19
2.2.2.2 Sistemas a gran escala.....	21
2.2.3 Condiciones operacionales en el proceso de lumbricultura.....	22
3. Metodología.....	25
3.1 Construcción de camas de compostaje.....	25
3.2 Adecuación de cajas para la lumbricultura.....	26
3.3 Materiales para compost y lumbricultura.....	28
3.4 Control de parámetros para compost y lumbricultura.....	30
4. Resultados / Discusión.....	32
4.1 Resultados / Discusión compostaje.....	32
4.1.1 Temperatura.....	32
4.1.2 Evolución pH.....	35
4.1.3 Análisis composición química.....	36
4.1.4 Humedad.....	37
4.1.5 Distribución de partículas.....	38
4.2 Resultados / Discusión lumbricultura.....	40
4.2.1 Temperatura.....	40
4.2.2 Evolución pH.....	41
4.2.3 Análisis composición química.....	42
4.2.4 Humedad.....	45
4.2.5 Distribución de partículas.....	46
4.3 Analisis estadístico.....	47
4.3.1 Prueba de hipótesis.....	47
4.3.2 Correlación.....	49
5. Conclusiones.....	51
6. Materiales de referencia.....	56
6.1 Anexos.....	56
6.2bibliografía.....	89

TABLA DE ANEXOS

Anexos A.....	56
Anexo A.1.....	56
Anexo A.2.....	56
Anexo A.3.....	57
Anexo A.4.....	58
Anexo A.5.....	66
Anexo A.6.....	66
Anexo A.7.....	66
Anexo A.8.....	67
Anexo A.9.....	73
Anexo A.10.....	75
Anexos B.....	86
Anexo B.1.....	86
Anexo B.2.....	87
Anexo B.3.....	88

TABLA DE GRÁFICOS

Graf 1: Pilas estáticas con aireación pasiva	11
Graf 2: Pilas estátic. con aireación forzada	12
Graf 3: Pilas con volteo	13
Graf 4: Vermicompostera a pequeña escala	19
Graf 5: Planta a gran escala de vermicompost	21
Graf 6: movimiento en olas	21
Graf 7: diseño de camas de compostaje	26
Graf 8: Dimensiones cajones lumbricultura	27
Graf 9: Desechos de granja USFQ	28
Graf 10: Desechos de gallinaza USFQ	29
Graf11: Desechos en camas de composteras	29
Graf 12: Tiempo/temperatura del compost	32
Graf 13: Temperatura vs tiempo. Compostaje	35
Graf 14: pH vs tiempo. Compostaje	36
Graf 15: % H vs tiempo. Compostaje	37
Graf. 16: % Masa acumulada vs tamaño de partícula. Compostaje	39
Graf 17: temperatura vs tiempo. Lumbricultura	40
Graf. 18: pH vs tiempo. Lumbricultura	41
Graf 19: Foto cajas lumbricultura	44
Graf 20: Foto cajas lumbricultura	44
Graf 21: %H vs tiempo. Lumbricultura	45
Graf 22: %Masa acumulada vs tamaño de partículas. Lumbricultura	46
Graf 23: %Masa acumulada vs tamaño de partículas. Compostaje	60
Graf 24: %Masa acumulada vs tamaño de partículas. Compostaje	61
Graf 25: %Masa acumulada vs tamaño de partículas. Compostaje	64
Graf 26: %Masa acumulada vs tamaño de partículas. Lumbricultura	69
Graf 27: %Masa acumulada vs tamaño de partículas. Lumbricultura	70
Graf 28: %Masa acumulada vs tamaño de partículas. Lumbricultura	72

1.INTRODUCCIÓN

En el afán de aportar con ideas para revertir la tendencia de destrucción ambiental ha emprendido un estudio para utilizar y aprovechar los desechos orgánicos generados en la Universidad San Francisco de Quito (USFQ) para revalorar los residuos y reducir los desechos orgánicos generados evitando que su destino final sea el relleno sanitario es una tarea importante para la preservación ambiental; el uso de los nutrientes de la materia orgánica de los residuos para obtener un abono orgánico es una forma de reciclaje que puede mejorar la producción agrícola y además ser un aporte importante para la sostenibilidad del planeta. Para transformar los desechos orgánicos en abono orgánico se ha estudiado dos métodos que son: La lombricultura y el compostaje. La presente investigación compara estos dos procesos y analiza cual de ellos es la mejor alternativa de utilización de los residuos de acuerdo a las materias primas disponibles y las condiciones ambientales que se tiene en la granja de la universidad.

A partir de una investigación de campo y un estudio bibliográfico sobre el compostaje y la lombricultura se abordarán los siguientes puntos:

1.Compostaje

- Definición y objetivos del compostaje, sistemas de compost y uso de este tipo de abono orgánico
- Composición química de los desechos orgánicos, en especial la relación de carbono/nitrógeno para poder saber si estos desechos orgánicos son idóneos para este proceso de compostaje
- Influencia de los siguientes parámetros que es trascendental para mantener un control del proceso en: temperatura, humedad, pH y tamaño de partículas

2.Lumbricultura

- Concepto general de lumbricultura, la morfología de la lombriz roja californiana (que es la especie de lombriz utilizada en el proyecto), sistemas de lumbricultura
- Las condiciones operacionales y los tipos de desechos orgánicos empleados en el proceso de lumbricultura
- Composición química del humus y sus beneficios sobre las plantas
- Influencia de los siguientes parámetros fundamentales para mantener el control del proceso : temperatura, humedad, pH y tamaño de partículas

1.1OBJETIVO GENERAL

Comparar los procesos de compostaje y lombricultura para procesar los siguientes desechos orgánicos: gallinaza, residuos verdes de los jardines de la USFQ y desechos orgánicos de la granja de la USFQ (ubicada en Cumbaya-Nororiente de Quito 0°12 55 S 78°24 40 W y 2329 msnm) y transformarlos en abono orgánico.

1.2Objetivos Específicos

- Comparar cual de los dos procesos es más viable para aplicar en la granja de la USFQ, en base a los siguientes parámetros operacionales:
 - Temperatura
 - pH
 - Análisis de la composición química
 - Distribución de tamaño de partículas
- Análisis estadístico de los resultados obtenidos en los parámetros operacionales antes mencionados

2.FUNDAMENTOS TEÓRICOS

La importancia de la materia orgánica para poderla utilizar en la fertilidad del suelo es aceptado en las técnicas agrícolas más tradicionales y hasta en los más modernos sistemas de producción agraria, los cuales utilizan los abonos orgánicos en mayor o menor proporción, por el aporte de nutrientes a los suelos y mucho más por los efectos beneficiosos que la adición de materia orgánica que produce una mejora de las propiedades físicas y el incremento de la actividad biológica y también en la dinámica de los nutrientes.

La técnica del compostaje permite tratar de una manera racional los residuos orgánicos y conservar los nutrientes que se encuentran en estos residuos, para luego utilizarlos en la agricultura. Consiste en la descomposición biológica, en condiciones controladas aerobias y termófilas para poder obtener un compost maduro en el tiempo requerido a través del uso de los residuos orgánicos. Se habla de condiciones controladas, sobretodo hay que mantener un estricto control de temperatura, humedad y contenido de O₂. Los residuos orgánicos, una vez compostados son potenciales mejoradores de suelo; esta es una forma ecológica de restituir a los terrenos agrícolas los nutrientes que le son extraídos a través de los cultivos. “Los residuos orgánicos son aquellos restos de comida que contienen relativamente bastante humedad y que son putrescibles ejemplos de ellos son: sobrantes de comidas, cáscaras de frutas o legumbres, pasto cortado”(1); si los residuos orgánicos se mantienen cubiertos, si se pasa a diario a recoger estos residuos de la vivienda y si se les da un tratamiento de compostaje adecuado no tienen por que generarse problemas de proliferación de fauna nociva y de malos olores. La aplicación al suelo de la materia orgánica de los residuos, estabilizada e higienizada mediante compostaje es el uso más adecuado para éstos residuos, ya que confiere al suelo una incremento en sus propiedades físicas, químicas y biológicas

2.1 COMPOSTAJE

2.1.1 CONCEPTOS GENERALES

Kitto, D. define en su texto al compostaje de la siguiente forma: “El compostaje se puede considerar como un proceso microbiológico aerobio que combina fases mesófilas (15°-45°C) y termofílicas (45°-70° C) para conseguir la transformación de un residuo orgánico en un producto estable, libre de patógenos y semillas de malas hierbas y de gran valor agronómico” (Kitto, D. 1988). El proceso del compostaje no es más que la misma descomposición natural del medio ambiente, en la que descompone los desechos orgánicos y los transforma en abono orgánico; para que puedan absorber la tierra y las mismas plantas. Pero en el caso del compostaje esta descomposición se realiza de una manera científica en la que se introducen los materiales requeridos, junto con un incremento drástico de la temperatura, para que este proceso se realice de una manera más rápida y eficiente.

En la naturaleza se puede notar que las grandes cantidades de materia orgánica que cada año producen las plantas son descompuestas por la actividad microbiana y se depositan en el humus del suelo. En relación a este proceso de descomposición Radicke en su texto indica que “El proceso de descomposición en la naturaleza es muy lento, ocurriendo poco a poco en la superficie del suelo a la temperatura ambiental normal. Muchos agricultores de la Agricultura Orgánica-Biológica utilizan este método de la descomposición superficial de los materiales orgánicos.” (Radicke, K. 1996)

El compostaje es aerobio porque, es necesaria la aportación de oxígeno para conseguir temperaturas más altas, acelerar el proceso, eliminar olores y la mayoría de agentes patógenos o parásitos, como semillas indeseables y para diferenciarla de la descomposición anaerobia, sin O₂, cuyo proceso es más lento y se lleva a cabo principalmente para la obtención de metano.

El compost que contiene un porcentaje de humus y otras propiedades, es mas valioso que los estiércoles u otros residuos orgánicos. Los estiércoles incorporados o en superficie, al no haber sufrido los procesos fermentativos del compostaje pierden nutrientes y éstos pueden estar contaminados con insectos, bacterias o semillas que no deberían retornar a los cultivos. Un compostaje adecuado genera suficiente temperatura para matar los microorganismos patógenos, este proceso de compostaje si es bien realizado no debe atraer moscas, insectos, roedores, ni debe generar olores desagradables. “El producto final es de color marrón oscuro, inodoro o con olor al humus natural. Es estable en cuanto el proceso de fermentación está esencialmente finalizado” (Chaney, D. 1992). Para obtener un compost maduro, el cual es un material estable se requiere que la relación carbono/nitrógeno haya sido establecida de una manera correcta. Es necesario para obtener un compost maduro mantener un control de la cantidad de oxígeno, de la temperatura y de la mezcla del material, para lograr una aceleración en la descomposición, logrando de esta forma un producto final que se encuentre totalmente estable y maduro; un compost maduro estable consume poco nitrógeno y oxígeno y genera de forma limitada dióxido de carbono o calor. La madurez y la estabilidad son parámetros importantes para determinar la calidad de un compost. “La madurez se usa para describir si un compost es adecuado para un determinado uso final. Normalmente la madurez está relacionada con el potencial de crecimiento de las plantas o la fitotoxicidad. Por su parte, la estabilidad se define en términos de biodisponibilidad de la materia orgánica, refiriéndose a su grado de descomposición. Un material se considera inestable si contiene una elevada proporción de materia fácilmente biodegradable”(Obeng, L. 1987). Lo que Obeng, L. dice es muy importante, ya que la estabilidad esta ligada al punto de transformación de los desechos

orgánicos en abono orgánico, mientras que el grado de madurez se encuentra relacionada ya al abono orgánico y su efecto en el crecimiento de las plantas.

Objetivo del compostaje

La función principal del compostaje es fertilizar el suelo para poder incorporar nutrientes al suelo original como indica Radicke, K. a continuación:

“El compost es un abono y una excelente herramienta orgánica del suelo, útil en la agricultura, jardinería y obra pública porque:

- Mejora las propiedades químicas y biológicas de los suelos.
- Hace más sueltos y porosos los terrenos compactos y enmienda los arenosos.
- Hace que el suelo retenga más el agua.
- Ahorra abonos químicos (los retiene y evita que se lixivien)” (Radicke, K. 1996).

2.1.2SISTEMAS DE COMPOSTAJE

A continuación se describe los diferentes sistemas de compostaje:

Sistemas abiertos:

- Pilas estáticas: Pilas estáticas con aireación pasiva y pilas estáticas con aireación forzada.
- Pilas con volteo.

Sistemas cerrados:

- Reactores verticales: continuos y discontinuos.
- Reactores horizontales: Estáticos y con movimiento del material.

2.1.2.1 SISTEMAS ABIERTOS

Pilas estáticas

El compostaje en pilas usa una tecnología relativamente simple. Los materiales se amontonan sobre el suelo (como en la Graf 1), siendo muy importante la forma y medidas de la pila.

Pilas estáticas con aireación pasiva

“En este proceso se ayuda a la ventilación natural de la pila, en la cual se emplean estructuras desde la parte inferior hacia la parte superior de la pila, las pilas son ventiladas por convección natural, el aire caliente que sube desde el centro de la pila crea un vacío parcial que aspira el aire de los lados”(Haug, P. 1993); la forma y tamaño óptimo de la pila depende del tamaño de partícula, contenido de humedad, porosidad y nivel de descomposición, todo lo cual afecta el movimiento del aire hacia el centro de la pila.



Gráfico 1: Pilas estáticas con aireación pasiva (Haug, P. 1993).

Pilas estáticas con aireación forzada

“Un mayor control de la concentración de oxígeno en el interior de la pila se genera en estos sistemas con el objetivo de mantenerlo en un intervalo apropiado (15-20 % del volumen), para favorecer la actividad metabólica de los microorganismos aerobios que desarrollan el proceso. El aporte de oxígeno se realiza por varias vías, succión o inyección así como las variantes que incluyen a los dos tipos, el aporte de oxígeno puede realizarse de forma continua, a intervalos o ligados a un termostato que llegada una determinada temperatura (aprox. 60°C) acciona el mecanismo de inyección de aire hasta que la temperatura desciende hasta el valor deseado”(Haug, P. 1993).



Gráfico 2: Pilas estáticas con aireación forzada (Haug, P. 1993).

Pilas con volteo.

Este sistema de pilas con volteo es el aplicado en el proyecto de tesis.

En este proceso de compostaje la pila se voltea periódicamente para homogenizar la mezcla y su temperatura a fin de eliminar el excesivo calor, controlar la humedad y aumentar la porosidad de la pila para mejorar la ventilación. Después de cada volteo, la temperatura desciende del orden de 5 o 10 °C, subiendo de nuevo en caso que el proceso no haya terminado.

La frecuencia del volteo depende del tipo de material, de la humedad y de la rapidez con

que deseamos realizar el proceso, siendo habitual realizar un volteo cada 6 - 10 días.

Normalmente se realizan controles automáticos de temperatura, humedad y oxígeno para determinar el momento óptimo para efectuar el volteo.

En las pilas estáticas ya sea con volteos o sin ellos el tamaño de las pilas cobra gran importancia, por un lado para permitir una correcta aireación y por otro para que no haya excesivas pérdidas de calor.

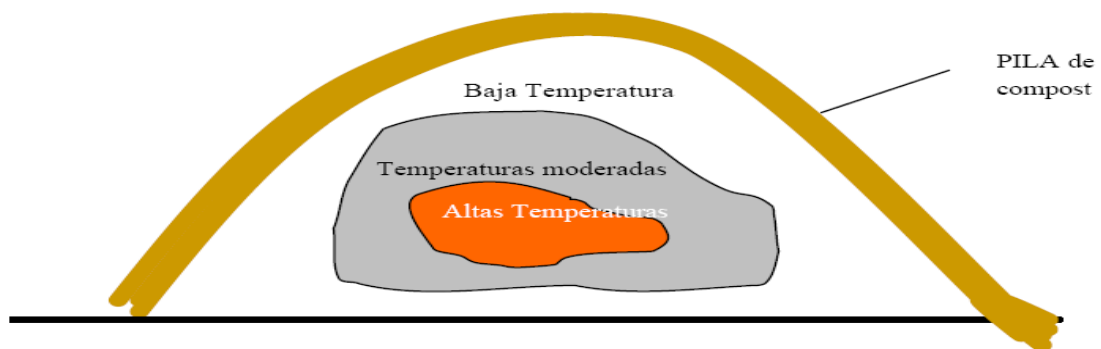


Gráfico 3: Pilas con volteo (Haug, P. 1993).

2.1.2.2 SISTEMAS CERRADOS

“Los sistemas cerrados tienen la ventaja de mantener un mejor control de los distintos parámetros del proceso, se caracterizan por llevar a cabo el compostaje en reactores cerrados, siendo el principal inconveniente el costo elevado de las instalaciones, su principal división se da entre reactores de flujo horizontal y vertical.

Los reactores de flujo vertical suelen tener alturas superiores a los 4 m. y pueden ser continuos o discontinuos. Los reactores discontinuos contienen pilas a diferentes alturas de 2-3 m con un sistema de aireación forzada o volteo hacia pisos inferiores aunque la inversión inicial en este sistema es más elevada que en el sistema de pilas estáticas, el costo por unidad de volumen de trabajo es bajo.

Los reactores de flujo horizontal se dividen entre aquellos que poseen un depósito rotatorio, los que poseen un depósito de geometría variable con un dispositivo de

agitación o los que no poseen un sistema de agitación y permanecen estáticos”(Haug, P. 1993).

2.1.3 CONDICIONES OPERACIONALES EN LA PRODUCCIÓN DE COMPOST

Las condiciones importantes para que el proyecto se desarrolle de una manera óptima son:

- Relación carbono/nitrógeno
- Temperatura
- Suministro de oxígeno
- Control de pH
- Tamaño de partículas

La relación carbono/nitrógeno

La relación carbono/nitrógeno (C/N) se refiere a la cantidad de carbono que tiene un material respecto a la cantidad de nitrógeno que tiene ese mismo material. Para explicarlo mejor, materiales parecidos a los restos de poda tienen mucho más carbono que nitrógeno y por tanto una relación C/N alta, mientras que productos como la gallinaza tienen mucho más nitrógeno que carbono, y como consecuencia, una relación C/N baja. Debemos mezclar los materiales de partida, según las características de cada uno de ellos, para obtener una mezcla final adecuada es importante seleccionar los desechos orgánicos de una manera adecuada, con el objetivo de obtener una relación C/N desde 20:1 hasta 40:1 (Radicke, K. 1996) que es el rango operacional para este parámetro. De acuerdo al proyecto de tesis esta relación carbono/nitrógeno se puede determinar de dos formas:

CUADRO 1 CONTENIDO DE NITROGENO Y LA RELACION CARBONO/NITROGENO EN ALGUNOS MATERIALES PARA EL COMPOST		
MATERIAL	% DE NITROGENO EN MATERIA SECA	RELACION C/N
Orina	3,0	0,8
Estiércol de vaca	1,7	18 - 25
de ave	3,0 - 6,0	10 - 12
de oveja	3,8	20 - 25
de cerdo	3,8	19 - 20
de caballo	2,3	24
Harina de sangre	10,0 - 14,0	3
Césped cortado	2,4 - 3,6	12 - 20
Basura de cocina	2,5 - 4,0	11 - 12
Hojas de yuca	4,35	12
Heno de papas	1,5	25
Paja de avena	0,5	80
de trigo	0,3 - 0,6	80 - 150
de maní	2,8	20
de arroz	0,4	100
de hierbas jóvenes	4,0	12
Ramas de yuca	1,3	40
de maíz con hojas	0,8	55 - 70
Abono verde de Vicia	3,0	13
Cáscara de maní	1,0	55
Bagazo de caña de azúcar	0,3	150
Aserrín fresco	0,1	500 - 800
descompuesto	0,2	200

FUENTE: Müller-Sämann, K.M., Eschborn/RFA, 1986
Clark, P., Guaslán/Ecuador, 1979

NOTA: Los valores no son fijos, porque dependen de muchos factores (abonadura de las plantas, dieta de los animales, variedad, etc.)

Tabla 1: Relación carbono/nitrógeno (Radicke, K. 1996).

- A través de un estudio de suelos inicial (Tabla B.1).

Temperatura La mayoría de microorganismos aeróbicos crece mejor entre 20 y 35° C, con temperaturas “si se mantienen temperaturas entre 50-55 °C por un periodo mayor a 2 días consecutivos se eliminarían la mayoría los microorganismos patógenos” (Obeng, L. 1987). La temperatura es talvez el indicador más confiable ya que directamente afecta el control de los patógenos, lo cual es muy importante para la producción de un buen compost.

Suministro de oxígeno El consumo de oxígeno en el compostaje depende de muchos factores como:

- El estado del proceso, ya que en ciertas fases del proceso sobre todo en la parte inicial si no se realiza un volteo frecuente el proceso se puede estancar o no continuar.
- La composición de la mezcla, es importante en relación al suministro de O₂, ya que hay ciertos materiales que tienden a compactarse con mayor facilidad que otros, por lo que requieren mayor intensidad en el volteo.

Control de pH “El pH optimo para el crecimiento de bacterias y otros organismos del compost se encuentran en el rango entre 6-8. A un pH de 8-9, el nitrógeno talvez se pierda a través de volatilización molecular del amonio” (Obeng, L. 1987).

Tamaño de partículas “Material de compost que está conformado por partículas pequeñas es mas fácil de descomponer material de partículas grandes” (Obeng, L. 1987).

2.2 LUMBRICULTURA

La lombricultura abarca diferentes funciones como la cría y producción de lombrices, transformación de los desechos orgánicos, el estiércol de animal, los restos de jardín en fertilizante orgánico en forma de abonos y proteínas.

La especie más utilizada en la lombricultura es la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), lombriz que consume diariamente una cantidad de residuos equivalente a su propio peso. Esta especie requiere de altas concentraciones de materia orgánica como medio de vida y alimentación, por lo que no sobreviven mucho tiempo en suelos con bajos porcentajes de materia orgánica.

2.2.1 CONCEPTOS GENERALES

lombriz roja californiana:

- Es de color rojo oscuro.
- Respira por medio de su piel.
- Mide de 6 a 8 cm de largo, de 3 a 5 milímetros de diámetro y pesa hasta aproximadamente 1,4 gramos.
- No soporta la luz solar, la lombriz californiana si es expuesta a los rayos del sol muere en unos pocos minutos.
- “Vive aproximadamente unos 4 a 5 años y puede llegar a producir, bajo ciertas condiciones, hasta 1.300 lombrices al año” (Borror, D. 1971).
- La [lombriz californiana](#) avanza a través del suelo excavando en el terreno a medida que come, depositando sus deyecciones y convirtiendo este terreno en un terreno más fértil que el que se podría lograr con los fertilizantes artificiales.

Las lombrices habitan en los primeros 50 cm. del suelo, por tanto es muy susceptible a cambios climáticos; y también es fotofóbica, los rayos ultravioletas pueden perjudicarla gravemente. En la lumbricultura un aspecto sumamente importante es poder mantener un control periódico de los factores internos de este proceso.

2.2.2 SISTEMAS DE LUMBRICULTURA

El vermicompost que es lo mismo que el humus, se puede obtener a través de diferentes tipos de cajones dependiendo del tamaño y forma del sistema que se quiera utilizar. “Para uso en una granja pequeña los contenedores pueden ser de una cama de ladrillos, o si se quiere hacer vermicompost para un apartamento o casas se pueden usar los basureros o contenedores similares. También se puede obtener vermicompost a gran escala, de esta forma se necesita construir una infraestructura grande”(). A los sistemas de lumbricultura se los ha dividido en dos grandes grupos que son:

Sistemas a pequeña escala:

- No continuo.
- Flujo vertical continuo.
- Flujo horizontal continuo.

Sistemas a gran escala:

- Movimiento de olas.
- Sistema flotante hacia arriba.

2.2.2.1 SISTEMAS A PEQUEÑA ESCALA

Los sistemas a pequeña escala pueden usar una gran variedad de cajones, generalmente las vermicomposteras a pequeña escala los cajones fabricados por “las compañías están hechos de plástico, madera o contenedores metálicos”(Chaney, D. 1992). Algunos de esos materiales son menos recomendables utilizarlos en lumbricultra, como en el caso de los contenedores metálicos que fácilmente se calientan y a su vez pueden arrojar metales pesados al vermicompost.

Los cajones deben tener agujeros a sus lados para permitir que el aire fluya, también se debe tener un agujero al final para que se pueda drenar el agua y poder mantener un mismo nivel de humedad en toda la vermicompostera para que no se pudra el material en el fondo los cajones plásticos requieren un mayor drenaje que los cajones de madera ya que los cajones plásticos no son absorbentes.



Gráfico 4: Vermicompostera comercial a pequeña escala (Campanioni, L. 1985).

Las vermicomposteras a pequeña escala abarcan estas tres categorías:

No- continuo

“Un contenedor indivisible marca la característica principal en este sistema, una capa de materia orgánica es colocada en el cajón del fondo, la siguiente capa está conformada por las lombrices y materia orgánica, el siguiente paso es colocar otra capa de materia orgánica”(Chaney, D. 1992), de esta forma las lombrices empiecen el proceso para obtener el vermicompost. Este tipo de cajones es utilizado frecuentemente debido a su pequeño tamaño y a su vez es fácil de construir pero este método se dificulta en el momento de la cosecha del humus ya que todo el material con las lombrices debe ser vaciado en la cosecha.

Flujo vertical continuo

“Esta técnica coloca los cajones apilados verticalmente, el cajón del final se llena primero igual que en el sistema anterior, pero no se lo cosecha cuando esta lleno de vermicompost, al contrario una capa gruesa de materia orgánica se pone en la caja de arriba y las lombrices al terminar de compostar los materiales en el cajón del fondo migran hacia el cajón de arriba debido a que buscan alimento”(Chaney, D. 1992), cuando la mayoría de lombrices han migrado hacia el cajón de arriba el vermicompost puede ser cosechado del cajón de abajo libre de lombrices. Este método provee una forma más fácil de cosechar el vermicompost.

Flujo horizontal continuo

“En esta técnica una serie de cajones se encuentran alineados horizontalmente, este método también utiliza la migración de lombrices en busca de alimento, cada cajón se

divide por la mitad con una malla, lo que se hace es llenar solo la mitad con materia orgánica”(Chaney, D. 1992), para que cuando se deba cosechar el vermicompost se llena la otra mitad del cajón con material orgánico para que las lombrices migren hacia la otra mitad del cajón. De esta forma se puede colectar el vermicompost sin tener lombrices.

2.2.2.2 SISTEMAS A GRAN ESCALA



Gráfico 5: Planta a gran escala de vermicompost (Campanioni, L. 1985).

A gran escala existen dos métodos principalmente que son:

Movimiento de olas

“El primer método consiste en poner la materia orgánica en el extremo izquierdo de una gran cama de vermicompost para después ir agregando la nueva materia orgánica en dirección de izquierda a derecha”(Chaney, D. 1992), lo que produce el movimiento de olas en este proceso, como se puede observar en el gráfico a continuación:

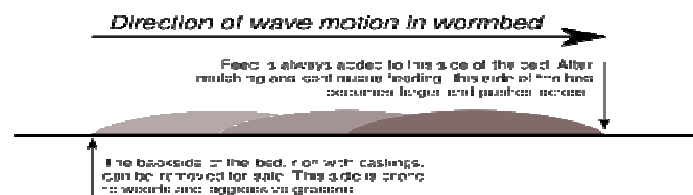


Gráfico 6: movimiento en olas (Chaney, D. 1992).

De esta forma se puede cosechar el vermicompost de izquierda a derecha, aunque este método no tiene barreras físicas para prevenir que las lombrices se escapen, en teoría ellas no deberían escapar debido a la abundancia de materia orgánica. En cuanto a los depredadores no pueden alcanzar las lombrices porque las estructuras son hechas muchas veces de concreto o estructuras metálicas los cuales son resistentes a ellos.

Sistema flotante hacia arriba

El Segundo tipo de vermicompost a gran escala es conocido como sistema flotante hacia arriba, “en este sistema las lombrices son alimentadas en el tope de la cama”(Chaney, D. 1992), como las lombrices se mueven constantemente hacia arriba por comida y el vermicompost se encuentra abajo este sistema elimina la necesidad de remover las lombrices del humus de lombriz. Este sistema se usa preferentemente en lugares cerrados o en climas fríos.

2.2.3CONDICIONES OPERACIONALES EN EL PROCESO DE LUMBRICULTURA

- “Temperatura 20° C; por el contrario si la temperatura es menor a 5° C o mayor a 37° C existe peligro de muerte de las lombrices.
- Humedad 75%; pero si los valores de humedad son inferiores a 70% o superior a 80% son valores inadecuados para el desarrollo de las lombrices.
- pH de 6.5 a 7.5; por el contrario si los valores del pH son menores a 4.5 o superiores a 8.5 se tiene peligro de muerte.
- Nivel óptimo en la alimentación es de 13% de proteína, teniendo un peligro de muerte con valores inferiores a 7.5% o superiores a 18%” (Urrejola, R. 2002).

Las lombrices ingieren diariamente una cantidad de comida equivalente a su propio peso y expelen el 60% transformado en humus de lombriz o vermicompost que es un tipo de abono orgánico prácticamente insuperable que “puede incrementar hasta en un 300% la producción de hortalizas y otros productos vegetales”(Campanioni, L. 1985).

La lombriz de tierra es un animal omnívoro, es decir que come de todo animales, vegetales y minerales. Las lombrices deben ingerir una dieta balanceada que contenga proteínas, lípidos y carbohidratos, son capaces de consumir toda materia orgánica biodegradable, como son:

- Residuos animales: de vacas, cabras, caballos, cunícula, cerdos, aves entre otros.
- Residuos vegetales: Restos de cosecha, de la poda del cespced, plantas de plátano, y de restos agrícolas en general.
- Residuos industriales: Restos de papel y cartón, de la industria azucarera, carpintería, entre otros.
- Residuos humanos: basura sólida orgánica y lodos residuales.

El producto final generado por las lombrices (humus) es muy beneficioso para las plantas en los siguientes aspectos:

- El humus esponja el suelo, lo airea; por tanto, mejora su estructura.
- Retiene agua y nutrientes minerales y así no se lavan y pierden en profundidad.
- “Aporta nutrientes minerales lentamente para las plantas a medida que se descompone (Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio, etc.).
- El humus produce activadores del crecimiento que las plantas pueden absorber y favorece la nutrición y resistencia: vitaminas, reguladores de crecimiento

(auxinas, giberelinas, citoquininas) y sustancias con propiedades de antibióticos”

(Urrejola, R. 2002).

- Las raíces se encuentran mejor en un suelo rico en humus que en uno pobre en esta sustancia.

3.METODOLOGÍA

Se utiliza los desechos de jardinería y Granja USFQ para poder generar compost y humus de lombriz. Estos materiales deben ser mezclados, ya que de esta forma se obtiene un mejor compost y humus.

3.1CONSTRUCCIÓN DE CAMAS DE COMPOSTAJE

Se separa el terreno en donde se sitúan las camas de compostaje, en el caso de las 4 camas del compostaje se cortan y limpian alrededor de 14 metros de longitud y 6 metros de ancho.

Teniendo ya el terreno listo, el siguiente paso es comprar los materiales necesarios para la construcción de las camas, enlistados a continuación:

2. 34 tablas (2.8 m)
3. 10 palos de madera (de 6 a 8 cm. De diámetro)
4. 200 clavos
5. Un tanque de agua
6. Un balde de 25 cm de diámetro.
7. 16 pedazos de tabla de 4 cm de ancho y con la longitud del ancho de dos tablas.

Para la construcción de las camas se crean cuatro réplicas cuadradas, cada cama tiene cuatro palos colocados en forma horizontal, uno por cada esquina (como vigas), también se colocan dos tablas en cada lado de la cama cuadrada (como paredes). Con las cuatro camas ya formadas, el siguiente paso es dividir cada cama por la mitad, con tablas que dividan en dos cada cama, estas paredes deben ser móviles para poder hacer el volteo del material, para tener paredes móviles se necesita usar pedazos de tabla para que retengan las paredes móviles, que se colocan en la mitad del ancho de la estructura, para poder sostener las paredes móviles del centro (como se muestra en la foto de

abajo).



Gráfico 9: diseño de camas de compostaje (Andrade, D. 2008).

En el diseño final de las composteras se puede ver claramente las vigas de la estructura formadas por los palos largos horizontales, las paredes fijas formadas por las tablas y las paredes móviles, que se encuentran en el medio de la estructura.

3.2 ADECUACIÓN DE CAJAS PARA LA LUMBRICULTURA

La cría de lombrices se realiza en cajones de madera o de polietileno (con orificios en el fondo para el drenaje de agua). La cría doméstica de las lombrices de una forma sencilla es empleando cajones de madera o de polietileno (con orificios en el fondo para el drenaje del agua). A continuación se muestra las dimensiones de los cajones utilizados para el proyecto:

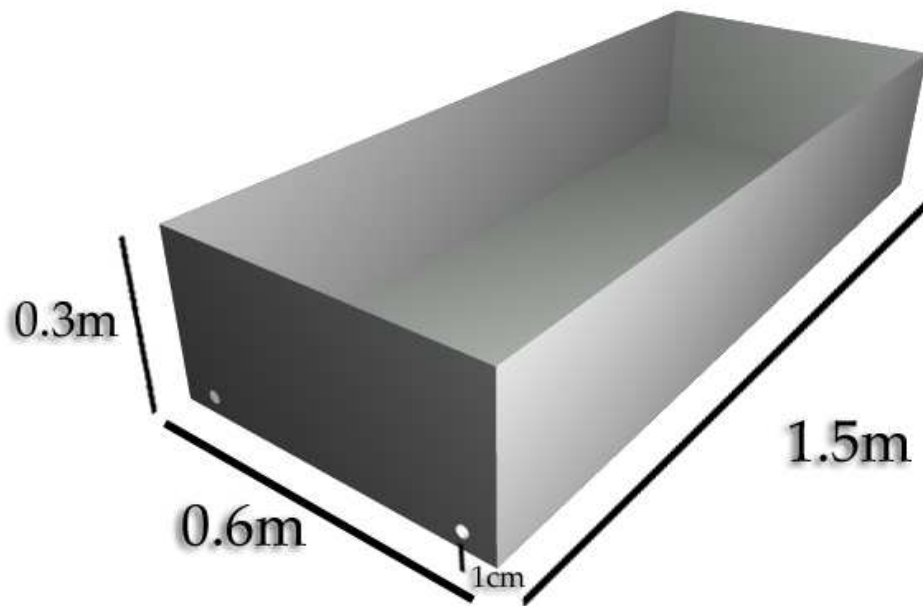


Gráfico 8: Dimensiones de cajones de lombricultura (Andrade, D 2008).

El siguiente paso en este proyecto fue adecuar los cajones de acuerdo a las necesidades de las lombrices. La lombriz californiana es muy susceptible a cambios climáticos, es fotofóbica, los rayos ultravioletas pueden perjudicarla gravemente, además de la excesiva humedad, la acidez del medio y la incorrecta alimentación. Para adecuar los cajones a las necesidades de las lombrices se cubrió a cada caja con un techo a base de una malla en forma de techo (triangular), de esta manera se evita la incidencia de los rayos UV sobre las lombrices y además garantizan que existan flujos de aire nivel óptimo y suministro de O_2 para las lombrices. Para evitar la excesiva humedad se hicieron dos orificios en los extremos inferiores de cada cajón, los cuales se recubrieron con malla para evitar la migración de las lombrices. También se pusieron dos tablas con una altura total de diez centímetros, en el lado opuesto de los orificios, para llegar a tener una inclinación adecuada para que el exceso de líquidos fluya por los orificios, estos

orificios nos permiten tener una humedad uniforme en todo el cajón y a la vez eliminar los lixiviados. Para poder llegar a tener un pH neutro se realizó un proceso de precompostaje, lo que permitió que el material se estabilice para poder incluir las lombrices dentro del material. Los desechos orgánicos empleados en el proceso de lombricultura provienen del mismo lugar y en igual proporción que en el compostaje.

3.3 MATERIALES PARA COMPOST Y LUMBRICULTURA

En la selección de los desechos orgánicos se debe tomar en cuenta la relación C/N desde 20:1 hasta 40:1. , para el compostaje (Radicke, K. 1996); y en el caso de la lombricultura es alrededor de 16. En el proyecto se llegó a determinar esta relación C/N, en base a un análisis de suelos realizado por el Laboratorio de Suelos y Aguas del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Los desechos orgánicos que se utilizaron fueron los siguientes:

Desechos orgánicos verdes de la granja de la USFQ, que fueron los desechos del jardín junto con la gallinaza (excrementos de codornices) mostrados a continuación:



Gráfico 9: Desechos de granja USFQ utilizados en proyecto de compost y lombricultura (Andrade, D 2008).



Gráfico 10: Desechos de gallinaza granja U.S.F.Q. utilizados en proyecto de compost y lumbricultura (Andrade, D. 2008).

Los desechos seccionados y empleados fueron:

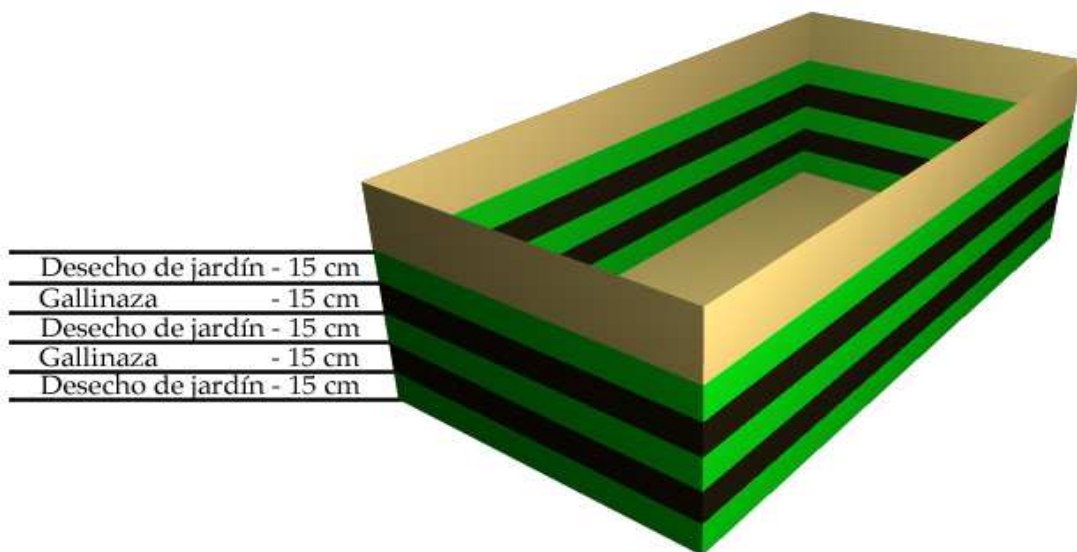


Gráfico 11: Organización de los desechos en camas de compost (Andrade, D. 2008).

En los cajones de lombricultura se utilizó la misma proporción de los materiales que en los cajones del compost, pero a menor escala.

Es importante mantener un control de la temperatura, la humedad, el pH y tamaño de partículas para obtener un desarrollo óptimo de los procesos. En este proyecto se ha realizado control semanal de estos tres parámetros para el compostaje y la lombricultura.

3.4 CONTROL DE PARÁMETROS PARA COMPOST Y LUMBRICULTURA

A continuación se muestra de que manera se realiza el control de estos cuatro parámetros en el proyecto:

Temperatura.- La temperatura se determina a través de un termómetro de suelos (marca B & C) y su rango es desde -10 °C hasta 110 °C; con el que se toman tres mediciones en línea recta en el medio de cada cama, con una profundidad de 20 cm de cada cama, para luego hacer un promedio de estas y de esta forma tener una medición cada semana. Estas mediciones se van a realizar una vez por semana por un tiempo de 7 semanas.

Humedad.- Este parámetro se mide a través de la toma de tres muestras en la que cada muestra se realiza en los mismos lugares en donde se midió la temperatura; se va a tener tres muestras de cada cama, se juntan estas muestras y se obtiene una sola muestra por cama, la cual se analiza en el laboratorio de agro empresas de la U.S.F.Q. De acuerdo al siguiente procedimiento; se pesa cada muestra de cada cama para luego colocarlas en el horno a 70° C después de 48 horas se tiene cada muestra secada y se pesa otra vez cada muestra y se calcula la humedad con la siguiente fórmula :

$$\% H = (Muestra húmeda - Muestra seca) * (100) / (Muestra húmeda)$$

La determinación de la humedad se realiza una vez por semana por un tiempo de 7 semanas con una cantidad de 100 gramos.

pH.- En el caso de el pH se emplea indicadores del pH en varillas (marca Merck); para esta medición se toman tres montones del mismo lugar donde se tomaron las mediciones de temperatura y humedad; luego de esto se mezclan las muestras se humedece el material para poder insertar los indicadores dentro del material y se debe esperar 5 minutos para poder ver el resultado. La medición se hace una vez por semana por 7 semanas.

Tamaño de partículas.- Para la determinación de la distribución del tamaño de partículas se utilizan tamices de dimensiones ya conocidas (0.75, 0.5, 0.25, 0,1875plgs); con estos tamices se toman tres muestras de los mismos lugares de la temperatura, humedad y pH de cada una de las cuatro camas. Cada muestra seca se tamiza, esta medición se la realiza una vez por semana por un tiempo de 7 semanas.

4.RESULTADOS / DISCUSIÓN

4.1RESULTADOS / DISCUSIÓN DEL COMPOSTAJE

Durante el proyecto realizado por trece semanas se han generado una serie de datos que se presentan y discuten a continuación:

En esta sección se presentan los resultados obtenidos en el proceso de compostaje. Se indica y discute la evolución de la temperatura, pH, humedad, nutrientes y distribución de tamaño de partículas para las cuatro réplicas (camas 1, 2, 3, 4).

4.1.1TEMPERATURA

El parámetro más importante en el caso del compostaje es la temperatura, con este gráfico se puede comparar con otros estudios realizados y saber si el proyecto se ha efectuado de forma correcta. El gráfico que se muestra a continuación muestra el desarrollo de la temperatura en el porceso del compostaje a lo largo del tiempo en condiciones óptimas:

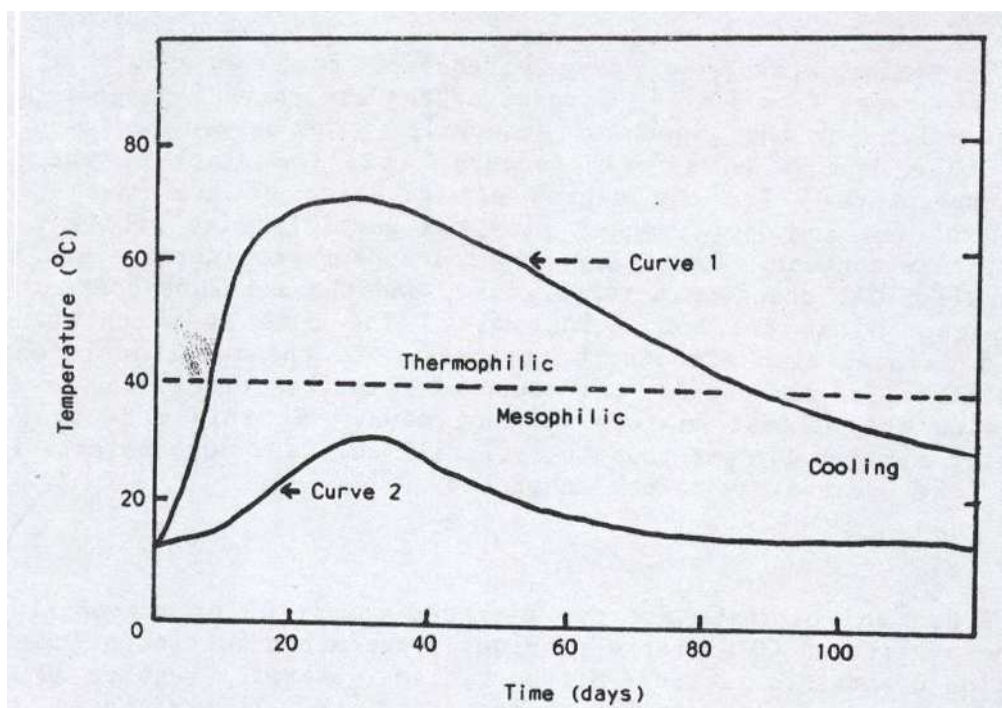


Gráfico 12: Relación típica tiempo/temperatura del compost (Obeng, L. 1987).

En el caso del compostaje es el gráfico de temperatura versus tiempo (Graf 12: Obeng, L. 1987), en el que se puede analizar si el proceso del compostaje se ha realizado de manera correcta, este gráfico puede mostrar dos tendencias/formas. Si el proceso de compostaje supera los 50 °C de temperatura y se habrán matado los microorganismos patógenos si se ha mantenido por suficiente tiempo. Y también muestra como temperaturas lo suficientemente altas como las del Graf 12: Obeng, L. 1987 es una muestra de que las condiciones de control como la mezcla, temperatura y aireación del compost se han mantenido en niveles óptimos; ya que el Graf 12: Obeng, L. 1987 muestra un proceso en el que estas condiciones han sido controladas en un ambiente cerrado manteniendo estos parámetros en condiciones óptimas. En el gráfico se tienen dos curvas, la primera que muestra como la temperatura ha llegado hasta niveles superiores a 40 °C e incluso pasando los 60 °C; mientras que la segunda curva ha llegado hasta temperaturas alrededor de 30 °C. Como ya se explicó anteriormente con temperaturas mayores a 50 °C por un tiempo mayor a 2 días puede matar la mayor cantidad de microorganismos patógenos; mientras que en el caso de la segunda curva no se han matado estos microorganismos patógenos. También se puede ver como en la curva 1 en los primeros veinte días la temperatura se dispara desde temperaturas de 10 °C hasta temperaturas de alrededor de 65 °C, para luego mantenerse por cierto tiempo en esa temperaturas y al final ir decreciendo hasta tener temperaturas de alrededor de 35 °C. Lo que se muestra en este gráfico es la curva típica de un proceso de compostaje de acuerdo a la temperatura, lo que es la mejor prueba de que el sistema se ha realizado correctamente, ya que al tener la mezcla correcta de C/N, junto con un buen sistema de volteo semanal y un control de la cantidad de agua se produce este rápido incremento de la temperatura debido principalmente a los procesos que realizan los microbiológicos.

Según el estudio del Banco Mundial (Graf 12: Obeng, L. 1987), en el que explica que si el proceso de compostaje supera los 50 °C de temperatura se habrán matado los microorganismos patógenos si se ha mantenido por suficiente tiempo (mayor a 2 días); pero también dice que si las temperaturas llegan lo suficientemente altas como las del gráfico (Graf 12: Obeng, L. 1987) es una muestra clara de que las condiciones de control del compost se han mantenido en niveles óptimos. Las condiciones mencionadas son: condiciones de la mezcla de materiales, temperatura y aireación. Después de saber la importancia la temperatura, se ha comparado la curva obtenida con el Gráfico del Banco Mundial, y se puede llegar a ver que las curvas obtenidas por las cuatro camas del proyecto tienen la misma forma/tendencia. La diferencia que se puede encontrar es que en el gráfico del Banco Mundial la temperatura máxima es de 67 °C; mientras que en el caso del proyecto ha llegado a un tope de 61 °C, pero como ya se dijo se necesita una temperatura de 50 °C o más, para poder matar los patógenos del material orgánico utilizado. Probablemente el proceso del compostaje realizado en el proyecto no llegó hasta esa temperatura porque no se mantuvieron los parámetros (humedad, pH) en los niveles óptimos como se crea a continuación, se los mantuvo dentro de los rangos aceptables; pero se debe considerar que este proyecto se ha realizado al aire libre no en un medio controlado.

Este gráfico se puede dividir de dos formas:

La primera desde abajo hacia arriba que muestra como hay una transición desde la fase mesofílica hacia la fase termofílica. Se puede ver desde la primera semana hasta la cuarta semana que se encuentra en una fase termofílica, mientras que desde la cuarta semana en adelante se tiene una fase mesofílica.

La segunda forma de ver este gráfico es desde la izquierda a la derecha que muestra como se ha desarrollado el proceso de compostaje. Este gráfico muestra el desarrollo de

madurez del proceso que va desde un inicio a temperaturas ambientales, con un despegue de la temperatura que muestra su pico en la segunda semana, para luego ir llegando a un estado de estabilización que se puede ver desde la cuarta semana en adelante.

El primer gráfico es el de temperatura vs tiempo para las cuatro réplicas en el proceso de compostaje (camas 1, 2, 3, 4).

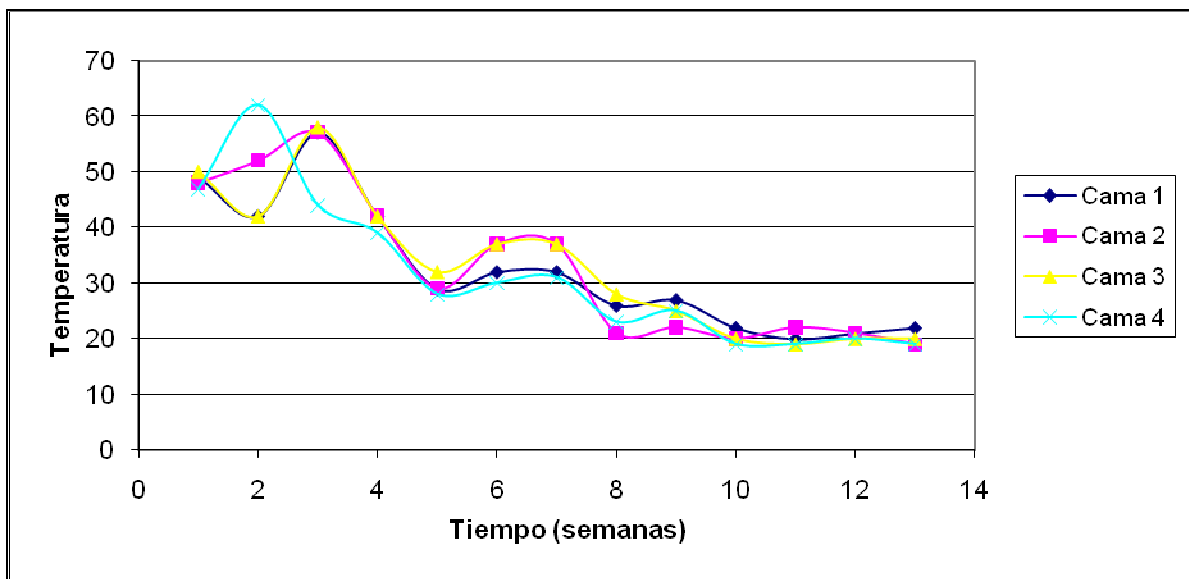


Gráfico 13: Temperatura vs tiempo. Proceso de compostaje (Andrade, D. 2008)

4.1.2 EVOLUCIÓN DEL pH

Para poder analizar el pH está fundamentado en el estudio del Banco Mundial sobre compostaje, en el que dice que el rango en el que se debe mantener el pH debe de estar entre 6 y 8, en el caso en que el pH suba de 8-9, el nitrógeno se eliminará a través de volatilización de amoníaco o por el contrario si el pH es menor a 5 la actividad microbiana cesará, mientras el proceso de compostaje se acerque a la estabilidad el pH se acercará a la neutralidad ($\text{pH}=7$). Como se puede ver en el gráfico dentro de la primera y la séptima semana el pH se ha encontrado en un rango entre 7,5 y 8,5; lo que indica que el pH ha estado un poco elevado de los niveles entre 6 y 8.

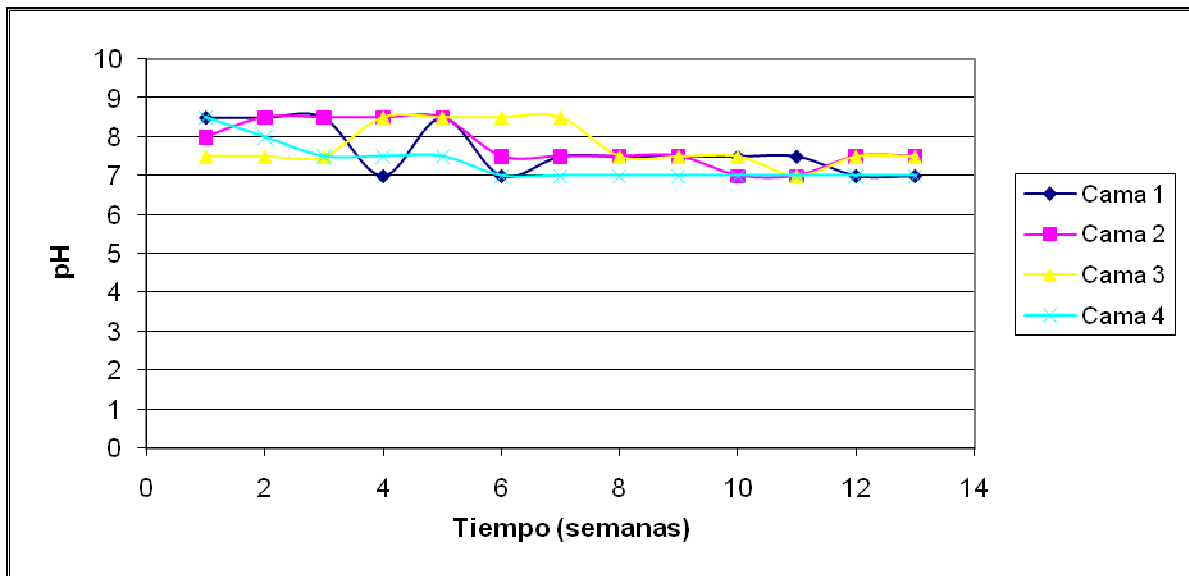


Gráfico 14: pH vs tiempo. Proceso de compostaje (Andrade, D. 2008)

4.1.3ANALISIS DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA :

A partir de los resultados obtenidos en el análisis de suelos (Tabla B.2), se puede ver que ha habido una disminución de nitrógeno comparando con el análisis de suelos inicial (Tabla B1); esta disminución muestra que los niveles de pH durante las 6 primeras semanas se encontraban en niveles altos, lo que ocasionó una disminución de los niveles de nitrógeno en el proceso, pero al disminuir los niveles de nitrógeno en el proceso ha mejorado la relación C/N, lo que podría hacer que el proceso de compostaje mejore; ya que “debido a la falta de Carbono los microorganismos no pueden producir suficientes sustancias para sus cuerpos” (Radicke, K. 1996). “En un excedente de Carbono (relación C/N de más de 40:1) el Nitrógeno está relativamente en el nivel mínimo y por esto es el factor limitante para el crecimiento de los microorganismos” (Radicke, K. 1996).

4.1.4 HUMEDAD

Es importante mantener la humedad entre 50 y 70 % durante las primeras fases del proceso (Kitto, D. 1988), ya que los organismos encargados de la descomposición de los materiales necesitan un cierto contenido en agua para desarrollar su actividad.

Como se puede ver en este gráfico la humedad se ha mantenido en los niveles requeridos para el desarrollo de este proceso. Este factor de la humedad está estrictamente relacionado con la temperatura; ya que al mantener la humedad dentro de los rangos mencionados, los microorganismos que actúan en el proceso tienen otra propiedad necesaria para realizar su trabajo, y una parte de este trabajo es elevar la temperatura hasta los niveles deseados.

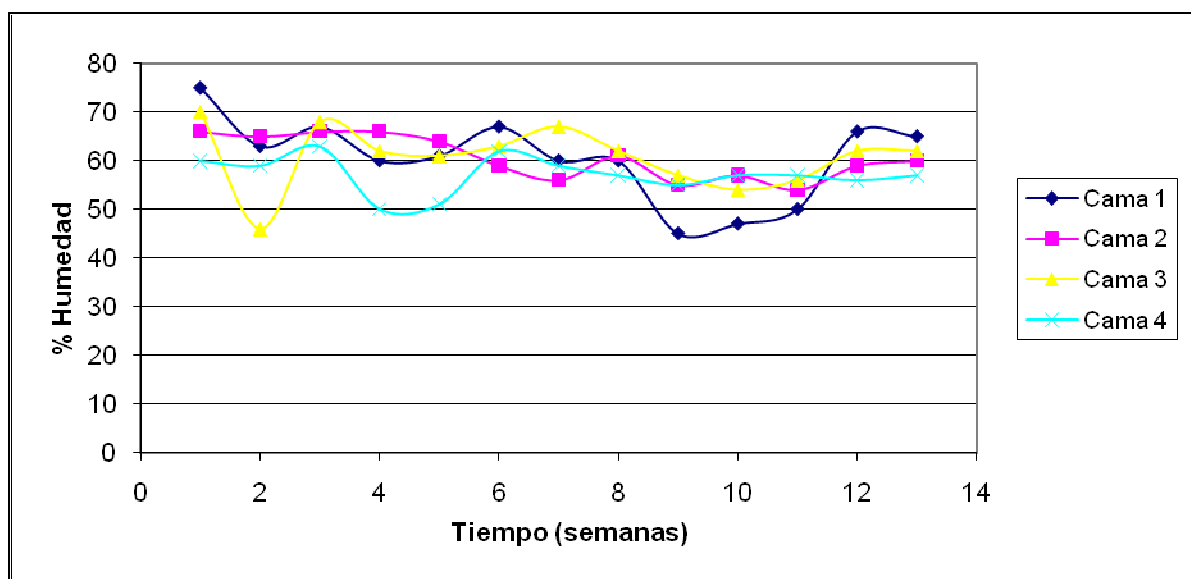


Gráfico 15: % Humedad vs tiempo (Andrade, D. 2008)

4.1.5 DISTRIBUCIÓN DE PARTÍCULAS

Este gráfico permite ver la evolución del tamaño de partículas a través del tiempo. El gráfico 13, pertenece a la cuarta cama del compostaje (no se incluyeron los gráficos de todas las camas, porque son casi iguales y para una explicación basta con un gráfico), que muestra como desde el gráfico del tiempo 1 hasta el gráfico de tiempo 13 el material retenido en las diferentes mallas casi no ha variado en su distribución de partículas, se puede ver como la distribución de partículas en su mayor parte (desde 90% hasta 99%) se retuvo en la primera malla de 0.75 pulgadas. El material del compost era muy grande para encontrarse en un mayor porcentaje en las otras mallas, se esperaba tener una mejor distribución de las partículas a través del tiempo pero esto no sucedió, como se puede ver desde la semana 1 hasta la semana 13 la distribución de partículas es casi igual, teniendo un porcentaje entre 99 hasta 90% del material en la primera malla de 0.75 pulgadas. Este resultado puede ser una prueba que muestra que el proceso del compostaje no ha llegado hasta su estabilización porque para tener un compost descompuesto para usar como abono orgánico entre otras cosas el material debería estar fino y sin malos olores, mientras que el material del proyecto el tamaño de sus partículas se encontraba muy grande y con malos olores.

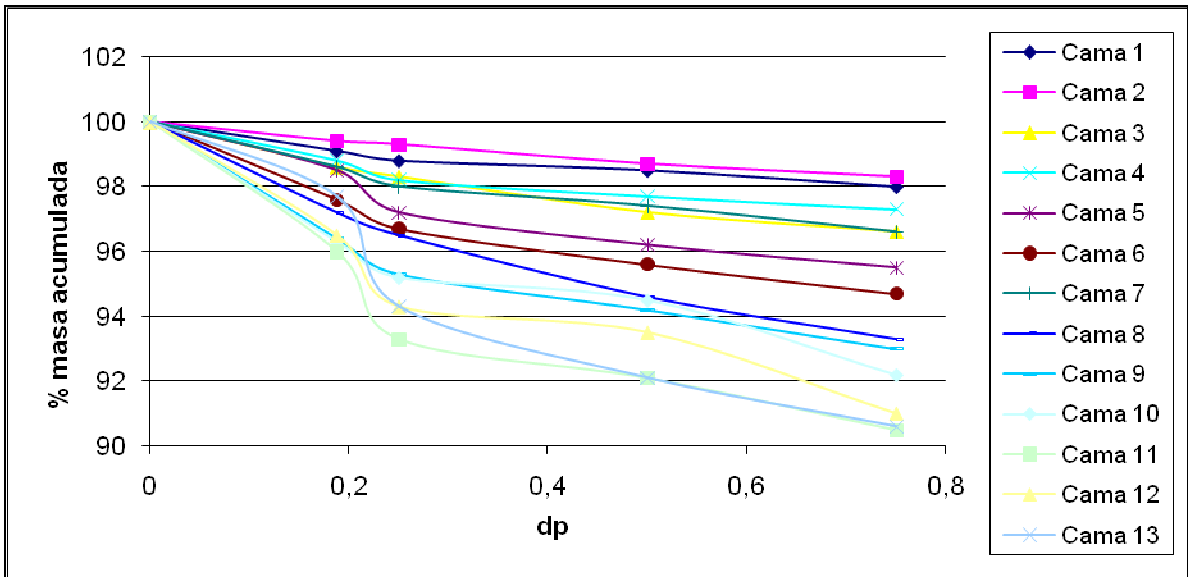


Gráfico 16: % peso acumulado vs tamaño de partícula (Andrade, D. 2008)

4.2 RESULTADOS / DISCUSIÓN DE LUMBRICULTURA

4.2.1 TEMPERATURA

La temperatura óptima para un total desarrollo de las lombrices era 20°C, mientras que un rango aceptable se encuentra entre 5°C hasta 37°C; si se pasan estos rangos las lombrices tienen peligro de muerte. En el gráfico se puede ver como cada una de las cajas se encuentra representado por cada una de las cuatro líneas; y se observa como el rango de las cuatro cajas se encuentran entre 17°C y 21°C, por lo que se puede decir que la temperatura en las cajas se encontraba en un rango casi óptimo. En la caja 2 en su primera semana llegó a tener un máximo de 21°C, mientras que la caja tres llegó a tener en su quinta semana una temperatura de 17°C estas dos temperaturas fueron el tope máximo y mínimo de los datos obtenidos en las cajas en los datos de temperatura. Mientras que la mayoría se encontraron en temperaturas de 19°C, lo que muestra que se logró tener un nivel casi óptimo. Este gráfico es una prueba que muestra que en la temperatura se mantuvo en un nivel muy bueno para el desarrollo de las lombrices.

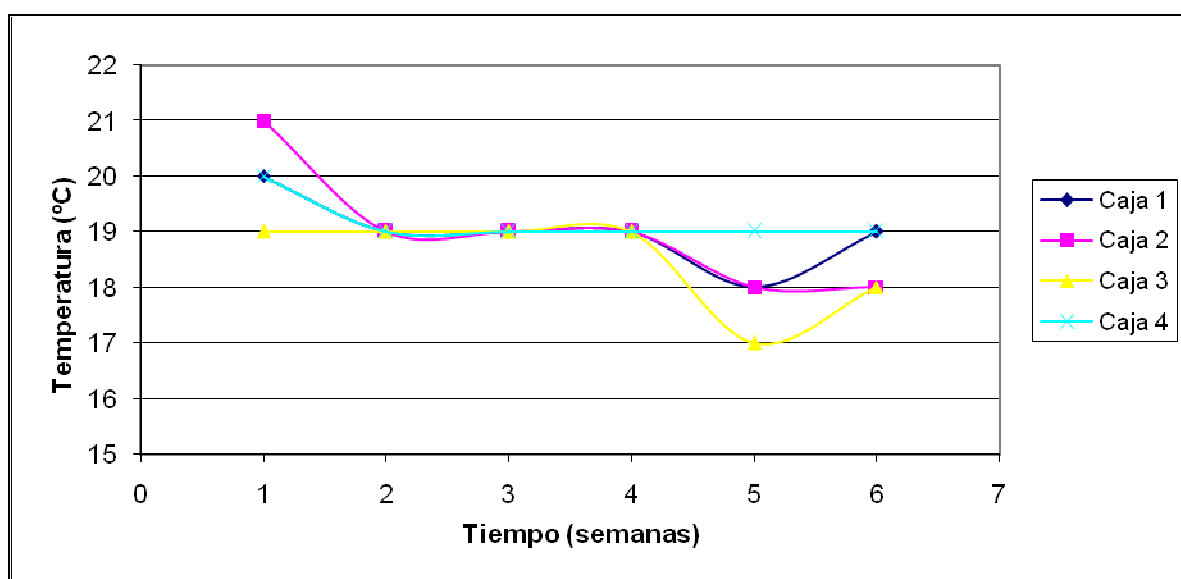


Gráfico 17: temperatura vs tiempo lumbricultura (Andrade, D. 2008).

4.2.2 EVOLUCIÓN DEL pH

En el pH un rango óptimo se encuentra entre 6.5 hasta 7.5; por el contrario valores menores a 4.5 o mayores a 8.5 se tiene peligro de muerte de las lombrices. El grafico 15 muestra el progreso de las cuatro cajas de lombricultura a través del tiempo, se puede ver como cada línea representa cada una de las camas y su evolución del pH. El rango de estas cuatro camas se encuentra entre 7 y 8.5, este gráfico muestra como en algunos puntos que representan las semanas se llegó al límite permitido para llegar a tener peligro de muerte de las lombrices, cpnsidero que aunque se haya realizado un proceso de pre compostaje para evitar tener temperaturas altas o un pH ácido en los cajones de las lombrices, la gallinaza utilizada ha elevado demasiado el pH en el proyecto por lo que recomienda usar otro tipo de estiércol para futuros proyectos.

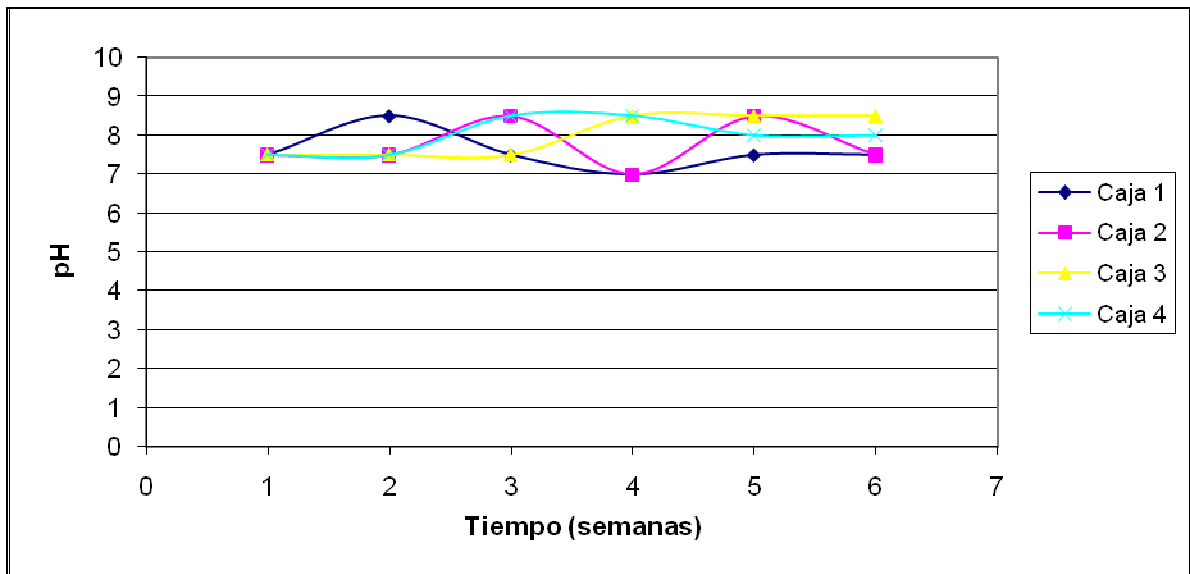


Gráfico 18: pH vs tiempo lombricultura (Andrade, D. 2008)

4.2.3 ANALISIS DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA

En el caso de la lombricultura se hace un análisis de los compuestos químicos que constituyen los desechos orgánicos al principio y al final del proyecto para luego ver si estos compuestos han cambiado hasta llegar a obtener humus. En el proyecto se realizó un análisis de suelo en el laboratorio al principio (Tabla B1) y al final del proyecto (Tabla B3); con los datos finales (Tabla B3) se ha comparado estos datos con los del libro de Carrillo sobre lombricultura, de esta forma se puede saber si la materia orgánica ha sido transformada en humus. A continuación se mostrará el cuadro de los compuestos químicos de cada caja de lombricultura y se los compara con los datos de humus del libro de Carrillo.

RELACIÓN VERMICOMPOST DE LITERATURA CON EL PROYECTO

Nutriente	Caja 1	Caja 2	Caja 3	Caja 4	Vermicompost
N (%)	1.76	1.86	1.71	1.88	1.6
K (%)	1.37	1.2	1	1.16	0.8
Ca (%)	0.52	0.46	0.52	0.48	0.5
Mg (%)	0.2	0.19	0.34	0.188	0.2
Fe (ppm)	42.9	42	38.7	36.3	175.0
Mn (ppm)	42.6	40.2	44	32.8	96.5
Zn (ppm)	40.5	29	29.5	27	24.5
Cu (ppm)	5.6	4.6	5.4	5	5.0
C:N radio	10.3	12.98	9.85	8.81	15.5

Tabla 2: Relación de nutrientes de tesis con datos del libro. (Campanioni, L. 1985)

En el cuadro de comparación de las cuatro cajas de lombricultura con el vermicompost del libro de Carrillo se pueden encontrar muchas similitudes.

- Primero la relación de Carbono/Nitrógeno se puede ver en la caja 1 y 2 son similares a los del Vermicompost, esta relación es muy importante ya que muestra si los componentes del proceso han estado en proporción correcta para las necesidades del proceso, de acuerdo a la relación C/N que se tiene en las cuatro réplicas no llega al valor del vermicompost en todos los casos debido a que se pusieron dos capas de gallinaza (que contiene un alto porcentaje de nitrógeno) de las cinco capas totales (como se explicó en la metodología), la gallinaza tiene una relación C/N: 16,4 (Urrejola, R. 2002), esta relación hace que el nivel de nitrógeno de la mezcla sea elevado.
- También como se puede observar el porcentaje de Nitrógeno, Potasio, Calcio, Magnesio, Zinc y Cobre se encuentran cercanos a los valores del Vermicompost; lo que puede ser un indicador para mostrar que el proceso estaba cercano para la obtención del humus.
- En los factores físicos se pudo observar dentro del proceso se muestra que el proceso para la obtención del humus ya se encontraba casi completa, ya que cuando se realizaban las pruebas para la obtención de los datos de temperatura, humedad y pH se podía apreciar que el olor de la muestra ya no era desagradable, sino un olor a tierra húmeda; también su textura era de finas partículas como de tierra, y su color era de un café oscuro casi negro. Las fotos que se muestran a continuación son el resultado después del proceso de lombricultura, las fotos presentadas son una prueba de estas afirmaciones:



Gráfico 19: Foto cajas lumbricultura (Andrade, D. 2008)



Gráfico 20: Foto cajas lumbricultura (Andrade, D. 2008)

4.2.4 HUMEDAD

La humedad es otro parámetro muy importante para el desarrollo de las lombrices. El valor óptimo para su progreso es de 75%; pero al tener valores inferiores a 70% o superiores a 80% pueden ser valores inadecuados para el desarrollo de las lombrices. Como se puede ver en el gráfico 16 la evolución de cada una de las cajas de la humedad a través el tiempo se encuentran en valores entre 55 y 65% de humedad, con una excepción de la caja cuatro que baja hasta 43% de humedad, este gráfico muestra que no se pudo llegar a mantener en el valor óptimo de 75%, pero si parámetro se mantuvieron valores aceptables de humedad, ya que los valores aceptables para la humedad varía según la bibliografía. Las fallas en el proyecto para llegar a tener una humedad de 75%, se debió a un verano casi sin lluvias, junto con la dificultad de obtener agua en la granja de la U.S.F.Q.

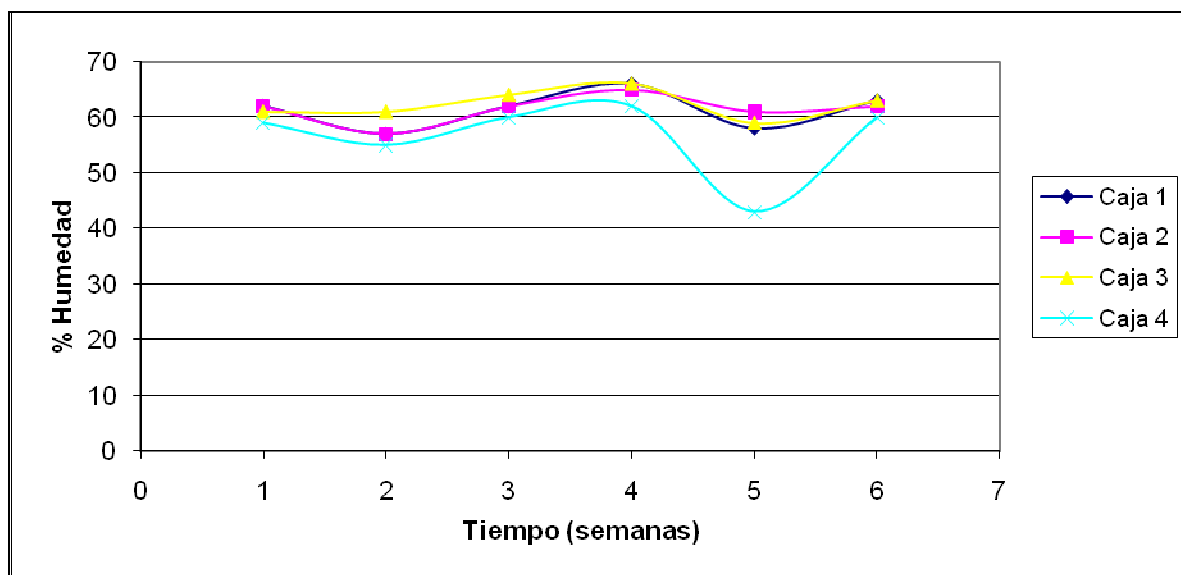


Gráfico 21: %Humedad vs tiempo (Andrade, D. 2008)

4.25 DISTRIBUCIÓN DE PARTÍCULAS

En el gráfico en la parte inferior de la hoja muestra 6 curvas que representan cada una de las semanas que las cajas fueron monitoreadas, el eje X muestra los tamaños de las cuatro diferentes mallas que se utilizaron para poder medir el tamaño de partículas en el vermicompost y el eje Y muestra el porcentaje acumulado del material. En el caso del primer tiempo representado por la curva de color azul se puede ver como en la primera malla de 0.75 plgs. se ha retenido más del 91% del material, y en la segunda malla de 0.5 plgs. se ha retenido casi el restante del material mientras que en el sexto tiempo representado por la curva de color vino se puede ver que el material retenido en la malla de 0.75 plgs. es el 30%, en la segunda malla (0.5 plgs) con un 20%, la tercera malla (0.25 plgs.) con un 10%, cuarta malla (0.1875 plgs.) con un 23% y el resto con un 17% del material aproximadamente. Lo que muestra que el tamaño de partículas en el proceso de lombricultura ha disminuido considerablemente, esta es una prueba física que demuestra que este proceso ha sido desarrollado eficientemente.

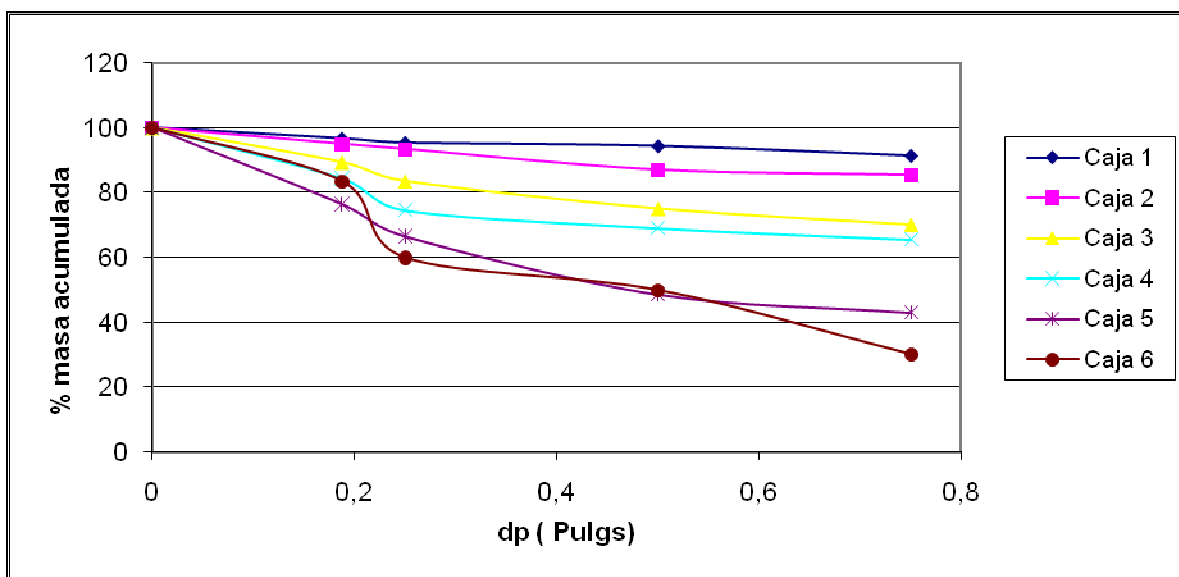


Gráfico 22: porcentaje en masa acumulada vs tamaño de partículas. Proceso de lombricultura (Andrade, D. 2008)

4.3ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA COMPOSTAJE Y LUMBRICULTURA

En el proyecto realizado se quiso incluir un análisis estadístico, para poder determinar si el proyecto del compostaje se había realizado correctamente a través de un modelo matemático, para el que se utilizó una prueba de hipótesis. También se utilizó una prueba estadística para poder determinar la relación entre los parámetros monitoreados para el compostaje y la lombricultura utilizando una prueba de correlación.

4.3.1PRUEBA DE HIPOTESIS

La prueba de hipótesis puede servir para resolver problemas de ingeniería, ciencia, y administración, en los que se requiere tomar una decisión entre aceptar o rechazar una proposición sobre algún parámetro. Esta proposición recibe el nombre de hipótesis. Una hipótesis estadística es una proposición o supuesto sobre los parámetros de una o más poblaciones. En el caso de la prueba de hipótesis para el proyecto de tesis se tienen dos hipótesis la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alternativa (H_1). La hipótesis nula (H_0) nos dice que la diferencia que existe entre los datos del libro y el proyecto de tesis son muy grandes, por lo que el proyecto de tesis fue mal realizado; mientras que la hipótesis alternativa (H_1) confirmaría que el proyecto de tesis se ha realizado correctamente.

Para poder saber si se acepta la hipótesis nula o la alternativa es necesario poner un valor de confiabilidad, en la que se ha puesto un 96% de confiabilidad. El 96% de confiabilidad nos da un valor para poder comparar con la prueba de hipótesis que se va a realizar; este valor es 1,75 un valor menor a este aceptaría la hipótesis nula, por el contrario si el valor de la prueba de hipótesis es mayor a este se aceptaría la hipótesis alternativa. Esta prueba solo se hizo para el compostaje ya que solo se tienen los datos

de la temperatura para el compostaje en el caso de la lombricultura no se tienen esos datos para poder hacer esta prueba.

En tres de las cuatro camas se obtuvieron valores mayores a 1,75, (cama1=1,78; cama2=1,825, cama3=2,05; cama4=1,58) por lo que se puede afirmar que el proyecto de tesis en las tres primeras camas se realizaron de una manera correcta ya que se acepta la hipótesis alternativa; mientras que en la cama 4 se acepta la hipótesis nula que dice que el proyecto no se ha realizado de una manera correcta.

Prueba de Hipótesis para temperatura

Ho: $U_o > U_s$

H1: $U_o \leq U_s$

96% confiabilidad= 1,75

Tiempo (semanas)	Temperatura (°C) Cama 1	Temperatura (°C) Cama 2	Temperatura (°C) Cama 3	Temperatura (°C) Cama 4	Temperatura Libro (°C)
1	49	48	50	47	10
2	42	52	42	62	30
3	57	57	58	44	60
4	42	42	42	39	20
5	29	29	32	28	10
6	32	37	37	30	30
7	32	37	37	31	40
8	26	21	28	23	20
9	27	22	25	25	10

Fuente libro utilizado en análisis: **Moreno, M. (1999)**

96% Confiabilidad	Temperatura (°C) Cama 1	Temperatura (°C) Cama 2	Temperatura (°C) Cama 3	Temperatura (°C) Cama 4
1,75	1,78	1,825	2,05	1,58

4.3.2 CORRELACIÓN

La prueba de correlación permite estudiar la relación entre grupos de datos ordenados por rangos, por lo que es necesario organizar cada grupo con su respectivo rango, para después obtener los valores de las diferencias entre estos rangos y con estos valores de las diferencias de rangos se puede obtener el coeficiente de correlación. El coeficiente de correlación puede asumir valores desde - 1 hasta +1. El valor - 1 indica una relación inversa perfecta entre los rangos mientras que un valor de 1 indica una relación perfecta entre los rangos. En el proyecto de tesis se realizaron pruebas de correlación entre la temperatura con la humedad, y también prueba de correlación entre la temperatura y el pH en cada cama del compostaje y en cada caja de lombricultura.

Los resultados de correlación en cada una de las camas del compost con excepción de la tercera cama del compost, muestran una relación más estrecha entre la temperatura y el pH, que la relación entre la temperatura y la humedad. Lo que me permite decir en base a esta prueba que el pH es más importante que la humedad para poder controlar la temperatura en el compostaje.

Se realizó esta prueba de correlación siempre utilizando la temperatura, ya que este factor es el más importante para que el proceso del compostaje se realice de una manera correcta.

Los valores en la lombricultura en la prueba de correlación, que muestra la relación entre la temperatura y la humedad; como también la relación entre la temperatura y el pH son muy confusos y no muestran ningún tipo de relación. Lo que esta prueba nos permite decir es que en el caso de la lombricultura no existe una relación estrecha entre la temperatura y la humedad o entre la temperatura y el pH.

4.3.2.1 COMPOSTAJE

Lo que este cuadro muestra son los resultados de la relación entre la temperatura-humedad y temperatura-pH; como se puede ver en tres de las cuatro camas la relación temperatura-pH es mayor que la relación temperatura-humedad, lo que nos permite decir que la relación temperatura-pH es más estrecha que la relación temperatura-humedad.

Relación		Compost	
Cama 1	Cama 2	Cama 3	Cama 4
Temp-Hum	Temp-Hum	Temp-Hum	Temp-Hum
0,49	0,59	0,56	0,42
Temp-pH	Temp-pH	Temp-pH	Temp-pH
0,5	0,75	0,5	0,82

4.3.2.2 LUMBRICULTURA

Para el caso de la lombricultura los datos mostrados en el cuadro no muestran ningún tipo de relación, lo que nos permite decir que no es tan importante la relación entre la temperatura-humedad ni tampoco la relación entre la temperatura-pH.

Relación		Lumbricultura	
Caja 1	Caja 2	Caja 3	Caja 4
Temp-Hum	Temp-Hum	Temp-Hum	Temp-Hum
0,37	0,33	0,59	0,21
Temp-pH	Temp-pH	Temp-pH	Temp-pH
0,29	-0,13	-0,26	-0,014

Todos los cálculos realizados para la obtención de estos datos de la prueba de hipótesis como en la prueba de correlación se encuentran detallados en los anexos.

5.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El proyecto desarrollado a pequeña escala ha permitido demostrar la factibilidad de llevar adelante el objetivo planteado en la tesis de contribuir a la utilización de desperdicios que se generan por la U.S.F.Q. y su granja en algo provechoso como es la obtención de abono orgánico y no se la destine a botaderos contaminantes.
2. La conclusión más importante después de haber terminado este proyecto fue llegar a determinar que el mejor proceso para el reciclaje de la basura de la U.S.F.Q. para obtener abono orgánico es tener un sistema híbrido en el tratamiento de desechos orgánicos. Este sistema híbrido consiste en realizar primero un proceso de precompostaje para luego aplicar el proceso de lombricultura. Esta afirmación esta fundamentada en “El manejo de estiércol dentro del cultivo de lombrices, tenemos que estabilizar o madurar el estiércol para las lombrices, estaremos asegurando que nuestro pie de cría se reproduzca aceleradamente y en poco tiempo lo habremos multiplicado para aumentar nuestra área” (Chaney, D. 1992). Se debe realizar primero un proceso de precompostaje ya que si se introducen las lombrices directamente a los desechos estas pueden morir o escapar debido a la alta temperatura del material, el pH alto y la humedad es difícil de controlar. También es importante un proceso de precompostaje para tener la seguridad de haber eliminado los microorganismos patógenos. En base a los resultados químicos del laboratorio, a su color, olor y tamaño de partículas muestran que el proceso de lombricultura se encontraba en un estado avanzado o ya completo en la obtención de humus; mientras que el proceso compostaje se encontraba en un estado estacionario o incompleto, por lo que se puede decir

que la mejor forma de procesar los desechos orgánicos del jardín y al USFQ, es a través de un proceso de precompostaje, para luego aplicar el proceso de lombricultura. Se debe tomar en cuenta que para el proceso de lombricultura es indispensable un precompostaje ya que si no se realiza este, las lombrices pueden morir debido a la alta temperatura producida por los materiales y su pH alto.

3. Un obstáculo en el trabajo emprendido fue el de contar con mano de obra para empezar el trabajo físico que requería la construcción de las camas, junto con un volteo semanal de las mismas y la obtención de materiales para el compostaje y la lombricultura. Se requiere de mucho trabajo físico para implementar y para mantener durante el tiempo necesario todo el trabajo manual que demanda el tratamiento de las camas construidas y el manejo de los materiales para su correcto proceso de descomposición y de obtención de compost y humus de lombriz por lo que se recomienda ayuda de dos personas para realizar el proyecto.
4. La disponibilidad de agua en el proyecto es limitada para controlar la humedad y la temperatura es indispensable tener agua disponible todo el tiempo, pero en la granja existen muchos cortes de agua, y no se sabe cuando se tiene y cuando no se tiene agua disponible para el riego de las camas o cajas, lo que pudo dañar el experimento realizado.
5. En el caso del compostaje, es muy importante mantener una relación adecuada de C/N, por lo que se tiene que cuidar que los materiales utilizados no hayan pasado por un proceso de descomposición, es decir que los materiales no se estén podridos, y que los desechos de jardín en lo posible estén recién cortados. Al tener la proporción correcta de C/N y con

materiales recién cortados se puede llegar a tener la temperatura al nivel deseado, lo que en el proceso del compostaje es el indicador básico para saber que el trabajo ha sido realizado de manera correcta.

6. En el caso de la lumbricultura es necesario alimentar a las lombrices cada dos semanas, por lo que es difícil comparar este proceso con el compostaje, en el caso del compostaje no se debe introducir materia orgánica continuamente, ya que el material de las camas en el compostaje ha pasado un proceso de descomposición el cual se mezclaría con un material nuevo afectando el proceso indicado. En el compostaje solo se debe llenar las camas al principio del proyecto, mientras que en la lumbricultura hay que alimentar las camas cada dos semanas este factor hace que sea difícil comparar entre los dos procesos pues se trata de evaluar los dos sistemas bajo las mismas condiciones.
7. A pesar de los inconvenientes expuestos los resultados obtenidos reflejan satisfactoriamente los planteamientos y requerimientos necesarios para llevar adelante por parte de la Universidad San Francisco de Quito un proyecto de estas características que beneficiará y direccionará de manera técnica los desperdicios que se generan en este centro educativo y que puede servir para desarrollar trabajos agrícolas con las pequeñas propiedades agrícolas circundantes brindando asesoramiento y cooperación a estratos marginados de la zona.

De acuerdo con el proyecto realizado en la granja se puede recomendar ciertos aspectos para la lombricultura enlistados a continuación:

1. Mantener la misma cantidad de agua en todo el cajón de lombrices para poder tener la misma cantidad de agua en todo el cajón es indispensable tener un sistema de drenaje el sistema que se utiliza en las cajas consta de dos orificios de 1cm de diámetro cada uno, recubierto con mallas para lograr que no se escapen las lombrices. Sin un sistema de drenaje se va a tener una mayor cantidad de agua acumulada en el fondo lo que podría causar que se dañe los materiales del fondo y con esto pueden morir las lombrices.
2. Hay que cubrir las cajas de lombrices para protegerlas del sol, la luz del sol quema y mata a las lombrices, por lo que es necesario proteger las lombrices de los rayos ultravioleta. Es recomendable cubrir las cajas de las lombrices con un techo de plástico o como en el caso del proyecto que se cubrieron las cajas con mallas plásticas contra el sol.
3. Un control constante de la humedad es indispensable en la lombricultura, este control se los hace generalmente incluyendo la cantidad de agua que se necesite, en el proyecto este factor algunas veces fue limitado lo que impidió mantener los niveles óptimos como se explicó en el gráfico de la humedad, las lombrices californianas están acostumbradas a vivir en ambientes con mucha humedad, lo que les permite desarrollarse normalmente. Como se mencionó anteriormente para tener condiciones óptimas se debe tener un 75% de humedad, por lo que se requiere controles periódicos para mantener los niveles de humedad señalados.

En el presente experimento se trató de cumplir de la mejor manera con todos los señalamientos que la técnica para el manejo de los desperdicios señalan, así como el

cuidado que demanda la crianza de las lombrices, lo que nos indica que es posible emprender con el proyecto estudiado.

6.MATERIAL DE REFERENCIA:

Anexos A: Datos obtenidos a través de toma de muestras semanales en el proyecto de tesis para el compostaje (13 semanas) y para la lombricultura (6 semanas)

Anexo A.1 : Temperatura vs tiempo. Proceso de compostaje

Tiempo (semanas)	Temperatura (°C) Cama 1	Temperatura (°C) Cama 2	Temperatura (°C) Cama 3	Temperatura (°C) Cama 4
1	49	48	50	47
2	42	52	42	62
3	57	57	58	44
4	42	42	42	39
5	29	29	32	28
6	32	37	37	30
7	32	37	37	31
8	26	21	28	23
9	27	22	25	25
10	22	20	20	19
11	20	22	19	19
12	21	21	20	20
13	22	19	20	19

Anexo A.2: pH vs tiempo. Proceso de compostaje

Tiempo (semanas)	pH Cama 1	pH Cama 2	pH Cama 3	pH Cama 4
1	8,5	8	7,5	8,5
2	8,5	8,5	7,5	8
3	8,5	8,5	7,5	7,5
4	7	8,5	8,5	7,5
5	8,5	8,5	8,5	7,5
6	7	7,5	8,5	7
7	7,5	7,5	8,5	7
8	7,5	7,5	7,5	7
9	7,5	7,5	7,5	7
10	7,5	7	7,5	7
11	7,5	7	7	7
12	7	7,5	7,5	7
13	7	7,5	7,5	7

Anexo A.3 : Humedad vs tiempo. Proceso de compostaje

En estas dos tablas muestran los datos originales (abajo), junto con el porcentaje de humedad calculado a través de la siguiente formula:

$$\% H = (Muestra húmeda - Muestra seca) * (100) / (Muestra húmeda)$$

Tabla 1 Anexo A.3: %Humedad de cada cama a lo largo del tiempo

Tiempo (semanas)	Humedad % Cama 1	Humedad % Cama 2	Humedad % Cama 3	Humedad % Cama 4
1	75	66	70	60
2	63	65	46	59
3	67	66	68	63
4	60	66	62	50
5	61	64	61	51
6	67	59	63	62
7	60	56	67	59
8	60	61	62	57
9	45	55	57	55
10	47	57	54	57
11	50	54	56	57
12	66	59	62	56
13	65	60	62	57

Tabla 2 Anexo A.3: Masa seca(gramos) seca de cada cama a lo largo del tiempo

Tiempo (semanas)	Peso Ms (g)	Peso Ms (g)	Peso Ms (g)	Peso Ms (g)
1	25	34	30	40
2	37	35	54	41
3	33	34	32	37
4	40	34	38	50
5	39	36	39	49
6	33	41	37	38
7	40	44	33	41
8	40	39	38	43
9	55	45	43	45
10	53	43	46	43
11	50	46	44	43
12	34	41	38	44
13	35	40	38	43

Anexo A.4: Tamaño de partículas compost

En este anexo se muestra los datos obtenidos del tamaño de partículas de cada una de las camas del proceso de compostaje. En cada cama el primer dato mostrado (Masa pesada) que es la cantidad de material en masa retenida en cada una de las mallas; el segundo dato mostrado (Masa acumulada) que es la masa de cada malla sumada a la masa retenida de todas las mallas anteriores; y el tercer dato mostrado (% Masa acumulada) el que muestra el porcentaje de cada dato en la masa acumulada; para finalmente obtener el gráfico a través del tercer dato mostrado.

Cama#1

Tabla 1 Anexo A.4: Masa pesada de la cama#1 en cada una de las mallas

Tamaño part. (pulgadas)	Oct-23	Oct-30	Nov-06	Nov-13	Nov-20	Nov-27
0,75	23,75	36,26	30,69	37,6	36,348	30,525
0,5	0,3	0,148	0,33	0,16	0,312	0,495
0,25	0,2	0,148	0,363	0,36	0,78	0,66
0,1875	0,25	0,111	0,627	0,72	0,897	0,429
resto	0,5	0,333	0,99	1,16	0,663	0,891
Dic-04	Dic-11	Dic-18	Dic-25	Ene-01	Ene-08	Ene-15
36,8	36,52	49,5	48,972	45,15	30,6	30,87
0,6	0,68	1,265	0,954	1,1	0,408	0,35
0,6	1	1,155	0,689	0,75	0,714	1,085
1	0,76	0,88	0,583	2	1,598	0,84
1	1,04	2,2	1,802	1	0,68	1,855

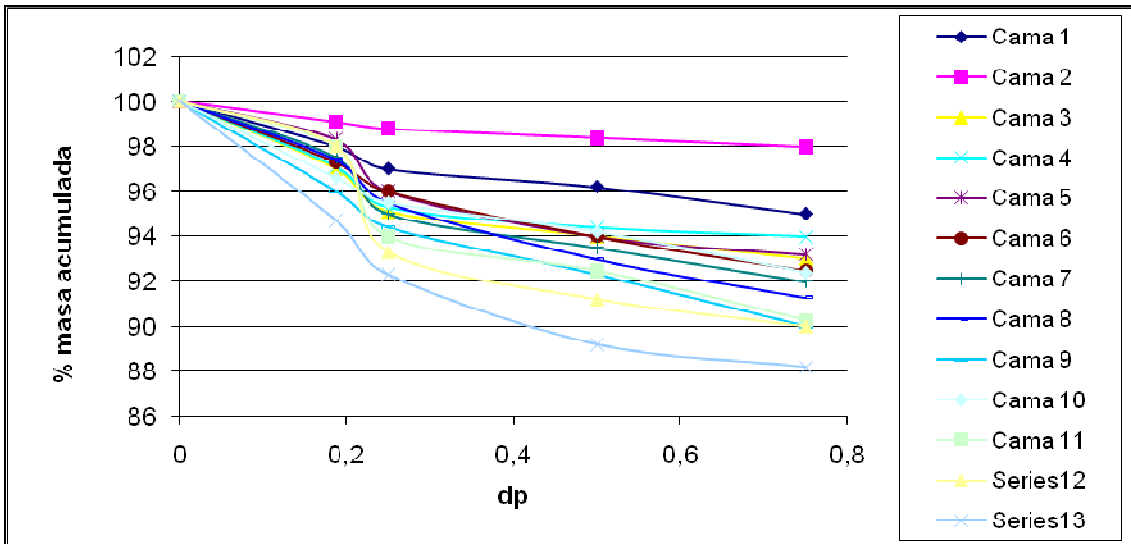


Gráfico 23: porcentaje en masa acumulada vs tamaño de partículas. Proceso de compostaje (Andrade, D. 2008)

Cama #2

Tabla 4 Anexo A.4: Masa pesada de la cama#2 en cada una de las mallas

Tamaño part. (pulgadas)	Oct-23	Oct-30	Nov-06	Nov-13	Nov-20	Nov-27
0,75	32,64	33,42	0,07	0,4	0,32	0,41
0,5	0,2	0,29	0,17	0,41	0,29	0,28
0,25	0,24	0,42	0,44	0,34	0,18	0,45
0,1875	0,24	0,28	0,34	0,41	0,97	1,07
resto	0,68	0,59	0,34	0,41	0,97	1,07
Dic-04	Dic-11	Dic-18	Dic-25	Ene-01	Ene-08	Ene-15
0,44	0,43	0,58	0,47	0,6	0,73	0,92
0,44	0,39	0,41	0,39	1,38	0,82	1,32
-2,07	0,74	0,58	0,77	1,06	0,91	1,12
3,65	0,78	1,53	1,72	1,01	1,43	0,64
3,65	0,78	1,53	1,72	1,01	1,43	0,64

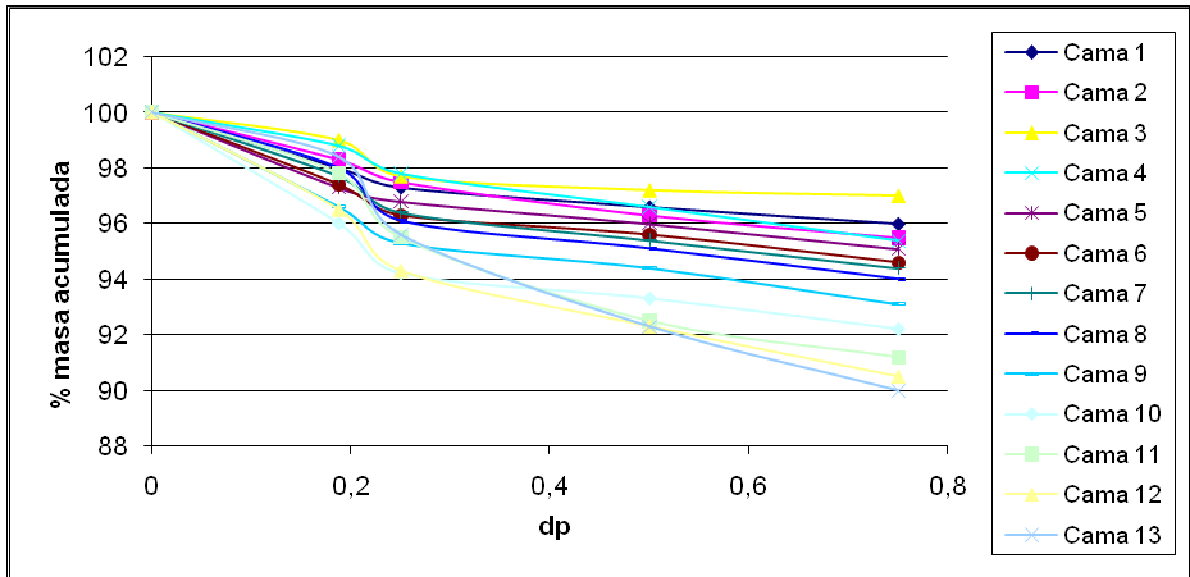


Gráfico 24: porcentaje en masa acumulada vs tamaño de partículas. Proceso de compostaje (Andrade, D. 2008)

Cama #3

Tabla 7 Anexo A.4: Masa pesada de la cama#3 en cada una de las mallas

Tamaño part. (pulgadas)	Oct-23	Oct-30	Nov-06	Nov-13	Nov-20	Nov-27
0,75	29,1	52,16	30,72	36,29	37,17	35
0,5	0,12	0,49	0,42	0,34	0,54	0,22
0,25	0,27	0,54	0,12	0,42	0,28	0,34
0,1875	0,18	0,49	0,2	0,49	0,7	0,33
resto	0,33	0,32	0,54	0,46	0,31	1,11
Dic-04	Dic-11	Dic-18	Dic-25	Ene-01	Ene-08	Ene-15
31,52	35,45	40,51	42,41	41,06	34,77	33,63
0,19	0,35	0,6	0,83	0,56	0,38	0,34
0,2	0,53	0,34	0,64	0,88	0,72	1,86
0,27	0,91	1,03	0,56	0,31	1,26	1,26
0,82	0,76	0,52	1,56	1,19	0,87	0,91

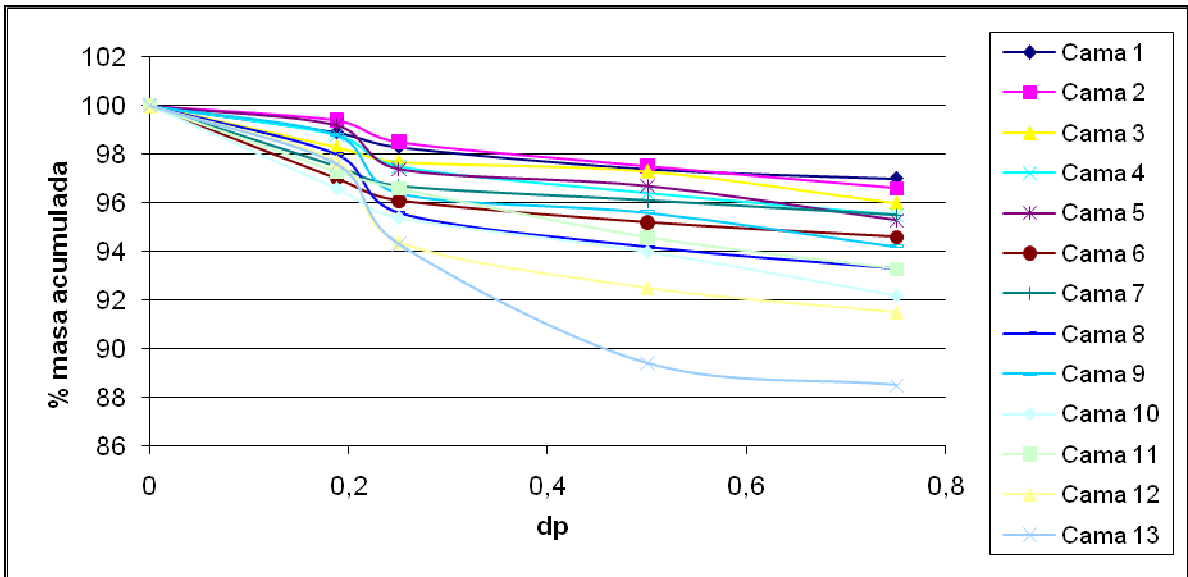


Gráfico 25: porcentaje en masa acumulada vs tamaño de partículas. Proceso de compostaje (Andrade, D. 2008)

Cama #4

Tabla 10 Anexo A.4: Masa pesada de la cama#4 en cada una de las mallas

Tamaño part. (pulgadas)	Oct-23	Oct-30	Nov-06	Nov-13	Nov-20	Nov-27
0,75	39,04	40,3	35,74	48,65	46,795	35,99
0,5	0,36	0,17	0,22	0,2	0,345	0,34
0,25	0,12	0,24	0,41	0,25	0,49	0,42
0,1875	0,28	0,04	0,11	0,3	0,64	0,34
resto	0,2	0,25	0,52	0,6	0,73	0,91
Dic-04	Dic-11	Dic-18	Dic-25	Ene-01	Ene-08	Ene-15
39,61	40,12	41,85	39,65	38,92	40	38,96
0,32	0,56	0,54	0,99	0,68	1,14	0,64
0,25	0,82	0,5	0,3	0,52	0,36	0,95
0,25	0,3	0,49	0,47	1,16	0,96	1,46
0,57	1,2	1,62	1,59	1,72	1,54	0,99

Tabla 11 Anexo A.4: Masa acumulada de la cama#4 en cada una de las mallas

Tamaño part. (pulgadas)	Oct-23	Oct-30	Nov-06	Nov-13	Nov-20	Nov-27
0,75	39,2	40,3	35,74	48,65	46,795	35,99
0,5	39,4	40,47	35,96	48,85	47,14	36,33
0,25	39,52	40,71	36,37	49,1	47,63	36,75
0,1875	39,64	40,75	36,48	49,4	48,27	37,09
total	40	41	37	50	49	38
Dic-04	Dic-11	Dic-18	Dic-25	Ene-01	Ene-08	Ene-15
39,61	40,12	41,85	39,65	38,92	40	38,96
39,93	40,68	42,39	40,64	39,6	41,14	39,6
40,18	41,5	42,89	40,94	40,12	41,5	40,55
40,43	41,8	43,38	41,41	41,28	42,46	42,01
41	43	45	43	43	44	43

Tabla 12 Anexo A.4: %Masa acumulada de la cama#4 en cada una de las mallas

Tamaño part. (pulgadas)	Oct-23	Oct-30	Nov-06	Nov-13	Nov-20	Nov-27
0,75	98	98,3	96,6	97,3	95,5	94,7
0,5	98,5	98,7	97,2	97,7	96,2	95,6
0,25	98,8	99,3	98,3	98,2	97,2	96,7
0,1875	99,1	99,4	98,6	98,8	98,5	97,6
total	100	100	100	100	100	100
Dic-04	Dic-11	Dic-18	Dic-25	Ene-01	Ene-08	Ene-15
96,6	93,3	93	92,2	90,5	91	90,6
97,4	94,6	94,2	94,5	92,1	93,5	92,1
98	96,5	95,3	95,2	93,3	94,3	94,3
98,6	97,2	96,4	96,3	96	96,5	97,7
100	100	100	100	100	100	100

El gráfico de esta cama fue utilizado en la explicación en resultados y discusión (Gráfico 16).

Anexo A.5 : Temperatura vs tiempo. Proceso de lombricultura

Tiempo (semanas)	Temperatura (°C) Caja 1	Temperatura (°C) Caja 2	Temperatura (°C) Caja 3	Temperatura (°C) Caja 4
1	20	21	19	20
2	19	19	19	19
3	19	19	19	19
4	19	19	19	19
5	18	18	17	19
6	19	18	18	19

Anexo A.6: pH vs tiempo. Proceso de lombricultura

Tiempo (semanas)	pH Caja 1	pH Caja 2	pH Caja 3	pH Caja 4
1	7,5	7,5	7,5	7,5
2	8,5	7,5	7,5	7,5
3	7,5	8,5	7,5	8,5
4	7	7	8,5	8,5
5	7,5	8,5	8,5	8
6	7,5	7,5	8,5	8

Anexo A.7: Humedad vs tiempo. Proceso de lombricultura

En estas dos tablas muestran los datos originales (abajo), junto con el porcentaje de humedad calculado a través de la siguiente formula:

$$\% H = (Muestra húmeda - Muestra seca) * (100) / (Muestra húmeda)$$

Tabla 1 Anexo A.7: %Humedad de cada cama a lo largo del tiempo

Tiempo (semanas)	Humedad % Caja 1	Humedad % Caja 2	Humedad % Caja 3	Humedad % Caja 4
1	62	62	61	59
2	57	57	61	55
3	62	62	64	60
4	66	65	66	62
5	58	61	59	43
6	63	62	63	60

Tabla 2 Anexo A.7: Masa seca (gramos) da cada caja a lo largo del tiempo

Tiempo (semanas)	Peso Ms (g)	Peso Ms (g)	Peso Ms (g)	Peso Ms (g)
1	38	38	39	41
2	43	43	39	45
3	38	38	36	40
4	34	35	34	38
5	42	39	41	57
6	37	38	37	40

Anexo A.8 Tamaño de partículas. Proceso de lumbricultura**Caja #1****Tabla 1 Anexo A.8: Masa pesada de la caja#1 en cada una de las mallas**

Tamaño part. (pulgadas)	Dic-11	Dic-18	Dic-25	Ene-01	Ene-08	Ene-15
0,75	34,732	36,722	26,6	22,27	18,06	11,211
0,5	1,14	0,688	1,9	1,19	2,352	7,289
0,25	0,38	2,752	3,23	1,87	7,518	3,7
0,1875	0,494	0,688	2,204	3,332	4,158	8,695
resto	1,254	2,15	4,066	5,338	9,912	6,105

Tabla 2 Anexo A.8: Masa acumulada de la caja#1 en cada una de las mallas

Tamaño part. (pulgadas)	Dic-11	Dic-18	Dic-25	Ene-01	Ene-08	Ene-15
0,75	34,732	36,722	26,6	22,27	18,06	11,211
0,5	35,872	37,41	28,5	23,46	20,412	18,5
0,25	36,252	40,162	31,73	25,33	27,93	22,2
0,1875	36,746	40,85	33,934	28,662	32,088	30,895
total	38	43	38	34	42	37

Tabla 3 Anexo A.8: %Masa acumulada de la caja#1 en cada una de las mallas

Tamaño part. (pulgadas)	Dic-11	Dic-18	Dic-25	Ene-01	Ene-08	Ene-15
0,75	91,4	85,4	70	65,5	43	30,3
0,5	94,4	87	75	69	48,6	50
0,25	95,4	93,4	83,5	74,5	66,5	60
0,1875	96,7	95	89,3	84,3	76,4	83,5
total	100	100	100	100	100	100

El gráfico de esta caja fue utilizado en la explicación en resultados y discusión (**Gráfico 22**).

Caja #2

Tabla 4 Anexo A.8: Masa pesada de la caja#2 en cada una de las mallas

Tamaño part. (pulgadas)	Dic-11	Dic-18	Dic-25	Ene-01	Ene-08	Ene-15
0,75	35,872	36,722	25,27	21,175	18,72	12,312
0,5	0,418	0,516	1,14	3,185	2,574	8,816
0,25	0,304	0,86	1,9	2,765	5,46	8,474
0,1875	0,494	2,924	4,902	2,45	4,017	3,648
resto	0,912	1,978	4,788	5,425	8,229	4,75

Tabla 5 Anexo A.8: Masa acumulada de la caja#2 en cada una de las mallas

Tamaño part. (pulgadas)	Dic-11	Dic-18	Dic-25	Ene-01	Ene-08	Ene-15
0,75	35,872	36,722	25,27	21,175	18,72	12,312
0,5	36,29	37,238	26,41	24,36	21,294	21,128
0,25	36,594	38,098	28,31	27,125	26,754	29,602
0,1875	37,088	41,022	33,212	29,575	30,771	33,25
total	38	43	38	35	39	38

Tabla 6 Anexo A.8: %Masa acumulada de la caja#2 en cada una de las mallas

Tamaño part. (pulgadas)	Dic-11	Dic-18	Dic-25	Ene-01	Ene-08	Ene-15
0,75	94,4	85,4	66,5	60,5	48	32,4
0,5	95,5	86,6	69,5	69,6	54,6	55,6
0,25	96,3	88,6	74,5	77,5	68,6	77,9
0,1875	97,6	95,4	87,4	84,5	78,9	87,5
total	100	100	100	100	100	100

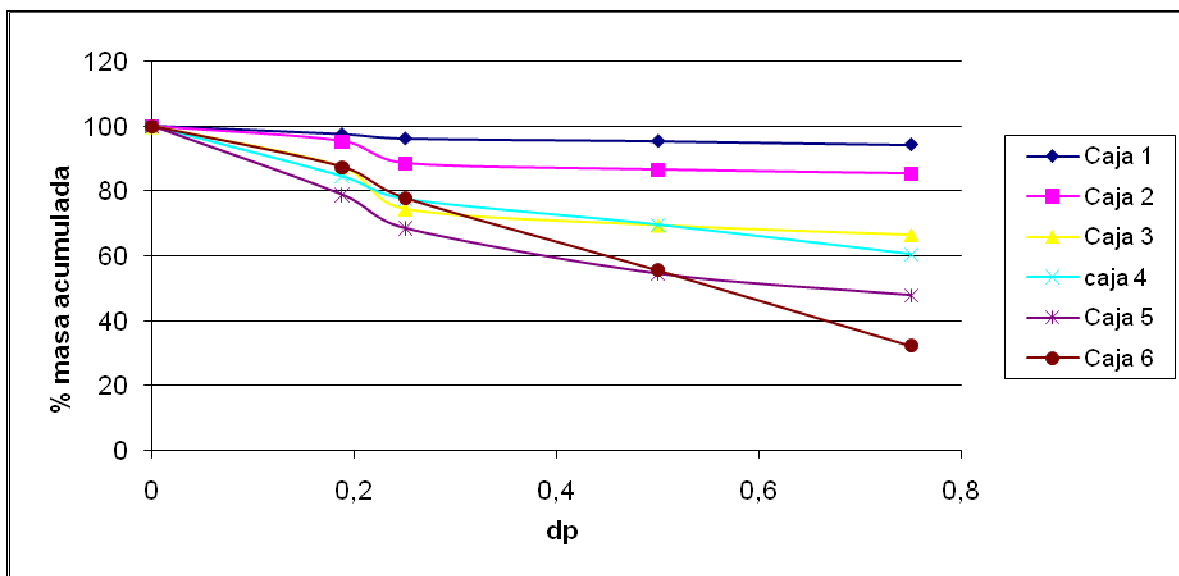


Gráfico 26: porcentaje en masa acumulada vs tamaño de partículas. Proceso de lumbricultura (Andrade, D. 2008)

Caja #3

Tabla 7 Anexo A.8: Masa pesada de la caja#3 en cada una de las mallas

Tamaño part. (pulgadas)	Dic-11	Dic-18	Dic-25	Ene-01	Ene-08	Ene-15
0,75	35,997	34,554	24,984	20,468	19,926	15,17
0,5	0,39	0,585	1,44	3,57	2,87	2,035
0,25	0,741	1,716	2,232	2,788	4,879	7,4
0,1875	0,936	0,78	4,968	4,182	8,282	7,437
resto	0,936	1,365	2,376	2,992	5,043	4,958

Tabla 8 Anexo A.8: Masa acumulada de la caja#3 en cada una de las mallas

Tamaño part. (pulgadas)	Dic-11	Dic-18	Dic-25	Ene-01	Ene-08	Ene-15
0,75	35,997	34,554	24,984	20,468	19,926	15,17
0,5	36,387	35,139	26,424	24,038	22,796	17,205
0,25	37,128	36,855	28,656	26,826	27,675	24,605
0,1875	38,064	37,635	33,624	31,008	35,957	32,042
total	39	39	36	34	41	37

Tabla 9 Anexo A.8: %Masa acumulada de la caja#3 en cada una de las mallas

Tamaño part. (pulgadas)	Dic-11	Dic-18	Dic-25	Ene-01	Ene-08	Ene-15
0,75	92,3	88,6	69,4	60,2	48,6	41
0,5	93,3	90,1	73,4	70,7	55,6	46,5
0,25	95,2	94,5	79,6	78,9	67,5	66,5
0,1875	97,6	96,5	93,4	91,2	87,7	86,6
total	100	100	100	100	100	100

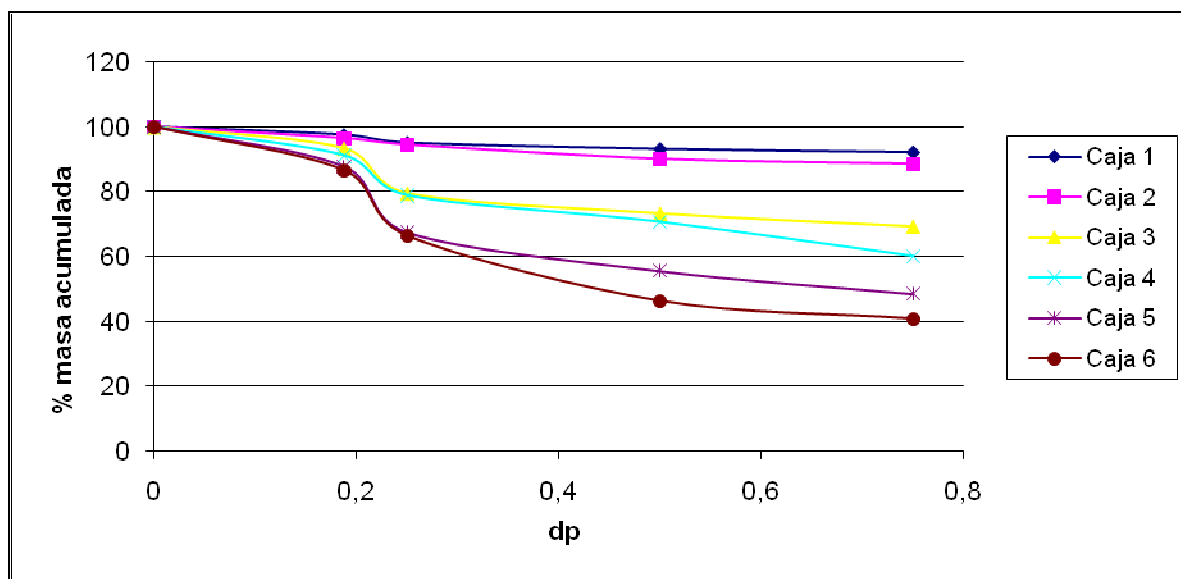


Gráfico 27: porcentaje en masa acumulada vs tamaño de partículas. Proceso de lumbricultura (Andrade, D. 2008)

Caja #4

Tabla 10 Anexo A.8: Masa pesada de la caja#4 en cada una de las mallas

Tamaño part. (pulgadas)	Dic-11	Dic-18	Dic-25	Ene-01	Ene-08	Ene-15
0,75	38,417	38,52	29,8	24,054	26,22	11,28
0,5	0,287	0,9	2,12	2,014	5,301	6,12
0,25	0,492	0,54	1,48	2,584	7,1706	8,08
0,1875	0,984	2,61	4,4	4,978	11,9814	4,76
resto	0,82	2,43	2,2	4,37	6,327	9,76

Tabla 11 Anexo A.8: Masa acumulada de la caja#4 en cada una de las mallas

Tamaño part. (pulgadas)	Dic-11	Dic-18	Dic-25	Ene-01	Ene-08	Ene-15
0,75	38,417	38,52	29,8	24,054	26,22	11,28
0,5	38,704	39,42	31,92	26,068	31,521	17,4
0,25	39,196	39,96	33,4	28,652	38,6916	25,48
0,1875	40,18	42,57	37,8	33,63	50,673	30,24
total	41	45	40	38	57	40

Tabla 12 Anexo A.8: %Masa acumulada de la caja#4 en cada una de las mallas

Tamaño part. (pulgadas)	Dic-11	Dic-18	Dic-25	Ene-01	Ene-08	Ene-15
0,75	93,7	85,6	74,5	63,3	46	28,2
0,5	94,4	87,6	79,8	68,6	55,3	43,5
0,25	95,6	88,8	83,5	75,4	67,88	63,7
0,1875	98	94,6	94,5	88,5	88,9	75,6
total	100	100	100	100	100	100

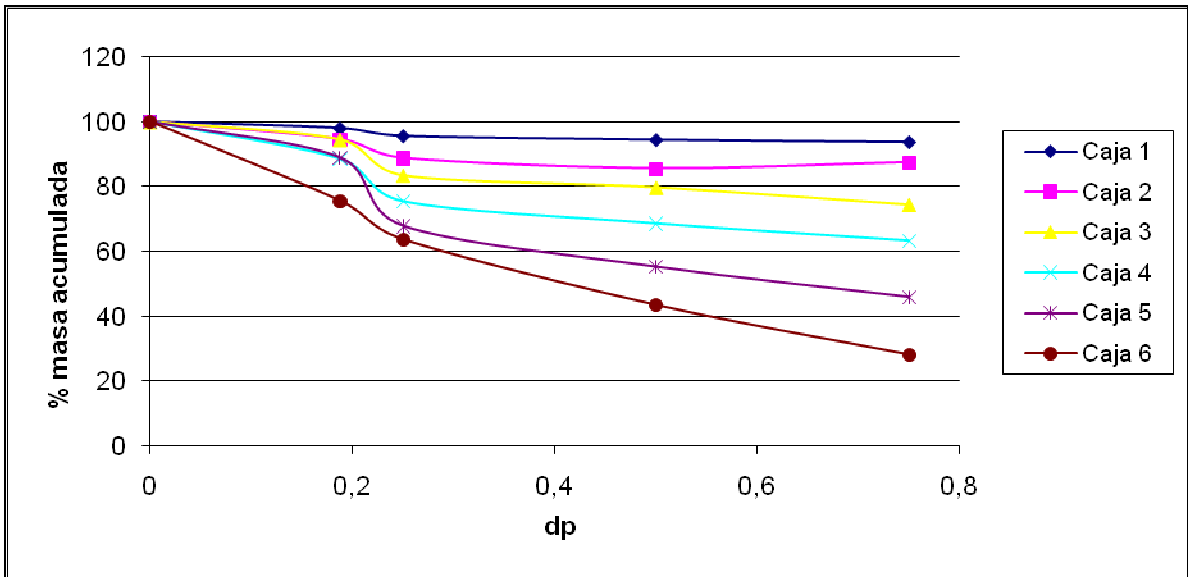


Gráfico 28: porcentaje en masa acumulada vs tamaño de partículas. Proceso de lombricultura (Andrade, D. 2008)

Anexo 9: Prueba de hipótesis para compostaje.

COMPOSTAJE:

Cama 1

	\bar{X}	σ	Tamaño muestral
Temperatura (cama1)	37,33	10,77	9
Temperatura (Libro)	25,56	16,67	9

$$z = \frac{(\bar{X}_s - \bar{X}_o) \div \text{RAIZ}((S_s^2 \div ns) + (S_o^2 \div no))}{}$$

z= Estadístico de prueba para la diferencia entre dos muestras

\bar{X}_s = Media temperatura cama 1

\bar{X}_o = Media temperatura libro

Ss= Desviación estandar cama 1

ns= Tamaño de la muestra cama 1

So= Desviación estandar libro

no= Tamano de la muestra del libro

$$z = 1,78$$

Cama 2

	\bar{X}	σ	Tamaño muestral
Temperatura (cama2)	38,33	12,75	9
Temperatura (Libro)	25,56	16,67	9

$$z = \frac{(\bar{X}_s - \bar{X}_o) \div \text{RAIZ}((S_s^2 \div ns) + (S_o^2 \div no))}{}$$

z= Estadístico de prueba para la diferencia entre dos muestras

\bar{X}_s = Media temperatura cama 1

\bar{X}_o = Media temperatura libro

Ss= Desviación estandar cama 1

ns= Tamaño de la muestra cama 1

So= Desviación estandar libro

no= Tamano de la muestra del libro

$$z = 1,825$$

Cama 3

	\bar{X}	σ	Tamaño muestral
Temperatura (cama3)	39	10,45	9
Temperatura (Libro)	25,56	16,67	9

$$z = \frac{(\bar{X}_s - \bar{X}_o) \div \text{RAIZ}((S_s^2 \div ns) + (S_o^2 \div no))}{}$$

z= Estadístico de prueba para la diferencia entre dos muestras

\bar{X}_s = Media temperatura cama 1

\bar{X}_o = Media temperatura libro

Ss= Desviación estandar cama 1

ns= Tamaño de la muestra cama 1

So= Desviación estandar libro

no= Tamano de la muestra del libro

$$z = 2,05$$

Cama 4

	\bar{X}	σ	Tamaño muestral
Temperatura (cama4)	36,56	12,66	9
Temperatura (Libro)	25,56	16,67	9

$$z = \frac{(\bar{X}_s - \bar{X}_o) \div \text{RAIZ}((S_s^2 \div ns) + (S_o^2 \div no))}{}$$

z= Estadístico de prueba para la diferencia entre dos muestras

\bar{X}_s = Media temperatura cama 1

\bar{X}_o = Media temperatura libro

Ss= Desviación estandar cama 1

ns= Tamaño de la muestra cama 1

So= Desviación estandar libro

no= Tamano de la muestra del libro

$$z = 1,58$$

Anexo 10: Prueba de correlación para compostaje y lombricultura.

COMPOSTAJE

Temperatura - Humedad

Cama 1

Temperatura (°C)	Humedad (%)	Rango		Dif. Rangos d	Dif. Rangos ² d ²
		Temperatura	Humedad		
49	75	12	13	-1	1
42	63	10,5	8	2,5	6,25
57	67	13	11,5	1,5	2,25
42	60	10,5	5	6,5	30,25
29	61	7	7	0	0
32	67	8,5	11,5	-3	9
32	60	8,5	5	3,5	12,25
26	60	5	5	0	0
27	45	6	1	5	25
22	47	3,5	2	1,5	2,25
20	50	1	3	-2	4
21	66	2	10	-8	64
22	65	3,5	9	-5,5	30,25
				$\Sigma=0$	$\Sigma=186,5$

$$r_s = 1 - ((6 \Sigma d^2) \div (n(n^2 - 1)))$$

r_s = Coeficiente de correlación de rangos de spearman

Σd^2 = sumatoria de la diferencia de rangos al cuadrado

n = numero de pares de obseraciones

$$r_s = 0,487$$

Cama 2

Temperatura (°C)	Humedad (%)	Rango		Dif. Rangos d	Dif. Rangos ² d ²
		Temperatura	Humedad		
48	66	11	12	-1	1
52	65	12	10	2	4
57	66	13	12	1	1
42	66	10	12	-2	4
29	64	7	9	-2	4
37	59	8,5	5,5	3	9
37	56	8,5	3	5,5	30,25

21	61	3,5	8	-4,5	20,25
22	55	5,5	2	3,5	12,25
20	57	2	4	-2	4
22	54	5,5	1	4,5	20,25
21	59	3,5	5,5	-2	4
19	60	1	7	6	36
				$\Sigma=0$	$\Sigma=150$

$$r_s = 1 - ((6 \sum d^2) \div (n(n^2 - 1)))$$

r_s = Coeficiente de correlación de rangos de spearman

$\sum d^2$ = sumatoria de la diferencia de rangos al cuadrado

n = numero de pares de obseraciones

$$r_s = 0,59$$

Cama 3

Temperatura (°C)	Humedad (%)	Rango		Dif. Rangos d	Dif. Rangos ² d ²
		Temperatura	Humedad		
50	70	13	13	0	0
42	46	10,5	1	9,5	90,25
58	68	12	12	0	0
42	62	10,5	7,5	3	9
32	61	7	5	2	4
37	63	8,5	10	-1,5	2,25
37	67	8,5	11	-2,5	6,25
28	62	6	7,5	-1,5	2,25
25	57	5	4	1	1
20	54	3	2	1	1
19	56	1	3	-2	4
20	62	3	7,5	-4,5	20,25
20	62	3	7,5	-4,5	20,25
				$\Sigma=0$	$\Sigma=160,5$

$$r_s = 1 - ((6 \sum d^2) \div (n(n^2 - 1)))$$

r_s = Coeficiente de correlación de rangos de spearman

$\sum d^2$ = sumatoria de la diferencia de rangos al cuadrado

n = numero de pares de obseraciones

$$r_s = 0,56$$

Cama 4

Temperatura (°C)	Humedad (%)	Rango		Dif. Rangos d	Dif. Rangos ² d ²
		Temperatura	Humedad		
47	60	12	11	1	1
62	59	13	9,5	3,5	12,25
44	63	11	13	-2	4
39	50	10	1	9	81
28	51	7	2	5	25
30	62	8	12	-4	16
31	59	9	9,5	-0,5	0,25
23	57	5	6,5	-1,5	2,25
25	55	6	3	3	9
19	57	2	6,5	-4,5	20,25
19	57	2	6,5	-4,5	20,25
20	56	4	4	0	0
19	57	2	6,5	-4,5	20,25
				$\Sigma=0$	$\Sigma=211,5$

$$r_s = 1 - \left(\frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)} \right)$$

r_s = Coeficiente de correlación de rangos de spearman

$\sum d^2$ = sumatoria de la diferencia de rangos al cuadrado

n = numero de pares de obseraciones

$$r_s = 0,42$$

Temperatura – pH

Cama 1

Temperatura (°C)	pH	Rango		Dif. Rangos d	Dif. Rangos ² d ²
		Temperatura	pH		
49	8,5	12	11,5	0,5	0,25
42	8,5	10,5	11,5	-1	1
57	8,5	13	11,5	1,5	2,25
42	7	10,5	2,5	8	64
29	8,5	7	11,5	-4,5	20,25
32	7	8,5	2,5	6	36
32	7,5	8,5	7	1,5	2,25
26	7,5	5	7	-2	4
27	7,5	6	7	-1	1
22	7,5	3,5	7	-3,5	12,25
20	7,5	1	7	-6	36
21	7	2	2,5	-0,5	0,25
22	7	3,5	2,5	1	1
				$\Sigma=0$	$\Sigma=180,5$

$$r_s = 1 - \left(\frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)} \right)$$

r_s = Coeficiente de correlación de rangos de spearman

$\sum d^2$ = sumatoria de la diferencia de rangos al cuadrado

n = numero de pares de obseraciones

$r_s = 0,504$

Cama 2

Temperatura (°C)	pH	Rango		Dif. Rangos d	Dif. Rangos ² d ²
		Temperatura	pH		
48	8	11	9	2	4
52	8,5	12	11,5	0,5	0,25
57	8,5	13	11,5	1,5	2,25
42	8,5	10	11,5	-1,5	2,25
29	8,5	7	11,5	-4,5	20,25
37	7,5	8,5	5,5	3	9
37	7,5	8,5	5,5	3	9
21	7,5	3,5	5,5	-2	4
22	7,5	5,5	5,5	0	0
20	7	2	1,5	0,5	0,25
22	7	5,5	1,5	4	16
21	7,5	3,5	5,5	-2	4
19	7,5	1	5,5	-4,5	20,25
				$\Sigma=0$	$\Sigma=91,5$

$$r_s = 1 - \left(\frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)} \right)$$

r_s = Coeficiente de correlación de rangos de spearman

$\sum d^2$ = sumatoria de la diferencia de rangos al cuadrado

n = numero de pares de obseraciones

$$r_s = 0,75$$

Cama 3

Temperatura (°C)	pH	Rango		Dif. Rangos d	Dif. Rangos ² d ²
		Temperatura	pH		
50	7,5	13	5,5	7,5	56,25
42	7,5	10,5	5,5	5	25
58	7,5	12	5,5	6,5	42,25
42	8,5	10,5	11,5	-1	1
32	8,5	7	11,5	-4,5	20,25
37	8,5	8,5	11,5	-3	9
37	8,5	8,5	11,5	-3	9
28	7,5	6	5,5	0,5	0,25
25	7,5	5	5,5	-0,5	0,25
20	7,5	3	5,5	-2,5	6,25
19	7	1	1	0	0
20	7,5	3	5,5	-2,5	6,25
20	7,5	3	5,5	-2,5	6,25
				$\Sigma=0$	$\Sigma=182$

$$r_s = 1 - \left(\frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)} \right)$$

r_s = Coeficiente de correlación de rangos de spearman

$\sum d^2$ = sumatoria de la diferencia de rangos al cuadrado

n = numero de pares de obseraciones

$r_s = 0,5$

Cama 4

Temperatura (°C)	pH	Rango		Dif. Rangos d	Dif. Rangos ² d ²
		Temperatura	pH		
47	8,5	12	13	-1	1
62	8	13	12	1	1
44	7,5	11	10	1	1
39	7,5	10	10	0	0
28	7,5	7	10	-3	9
30	7	8	4,5	3,5	12,25
31	7	9	4,5	4,5	20,25
23	7	5	4,5	0,5	0,25
25	7	6	4,5	1,5	2,25
19	7	2	4,5	-2,5	6,25
19	7	2	4,5	-2,5	6,25
20	7	4	4,5	-0,5	0,25
19	7	2	4,5	-2,5	6,25
				$\Sigma=0$	$\Sigma=66$

$$r_s = 1 - \left(\frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)} \right)$$

r_s = Coeficiente de correlación de rangos de spearman

$\sum d^2$ = sumatoria de la diferencia de rangos al cuadrado

n = numero de pares de obseraciones

$$r_s = 0,82$$

LUMBRICULTURA

Temperatura – Humedad

Caja 1

Temperatura (°C)	Humedad (%)	Rango		Dif. Rangos d	Dif. Rangos ² d ²
		Temperatura	Humedad		
20	62	6	3,5	2,5	6,25
19	57	3,5	1	2,5	6,25
19	62	3,5	3,5	0	0
19	66	3,5	6	-2,5	6,25
18	58	1	2	-1	1
19	63	3,5	5	-1,5	2,25
				$\Sigma = 0$	$\Sigma = 22$

$$r_s = 1 - \left(\frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)} \right)$$

r_s = Coeficiente de correlación de rangos de spearman

$\sum d^2$ = sumatoria de la diferencia de rangos al cuadrado

n = numero de pares de obseraciones

$$r_s = 0,37$$

Caja 2

Temperatura (°C)	Humedad (%)	Rango		Dif. Rangos d	Dif. Rangos ² d ²
		Temperatura	Humedad		
21	62	6	4	2	4
19	57	4	1	3	9
19	62	4	4	0	0
19	65	4	6	-2	4
18	61	1,5	2	-0,5	0,25
18	62	1,5	4	-2,5	6,25
				$\Sigma = 0$	$\Sigma = 23,5$

$$r_s = 1 - \left(\frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)} \right)$$

r_s = Coeficiente de correlación de rangos de spearman

$\sum d^2$ = sumatoria de la diferencia de rangos al cuadrado

n = numero de pares de obseraciones

$$r_s = 0,33$$

Caja 3

Temperatura (°C)	Humedad (%)	Rango		Dif. Rangos d	Dif. Rangos ² d ²
		Temperatura	Humedad		
19	61	4,5	2,5	2	4
19	61	4,5	2,5	2	4
19	64	4,5	5	-0,5	0,25
19	66	4,5	6	-1,5	2,25
17	59	1	1	0	0
18	63	2	4	-2	4
				$\Sigma=0$	$\Sigma=14,5$

$$rs = 1 - \left(\frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)} \right)$$

rs= Coeficiente de correlación de rangos de spearman

$\sum d^2$ = sumatoria de la diferencia de rangos al cuadrado

n= numero de pares de obseraciones

rs= 0,59

Caja 4

Temperatura (°C)	Humedad (%)	Rango		Dif. Rangos d	Dif. Rangos ² d ²
		Temperatura	Humedad		
20	59	6	3	3	9
19	55	3	2	1	1
19	60	3	4,5	-1,5	2,25
19	62	3	6	-3	9
19	43	3	1	2	4
19	60	3	4,5	-1,5	2,25
				$\Sigma=0$	$\Sigma=27,5$

$$rs = 1 - \left(\frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)} \right)$$

rs= Coeficiente de correlación de rangos de spearman

$\sum d^2$ = sumatoria de la diferencia de rangos al cuadrado

n= numero de pares de obseraciones

rs= 0,21

Temperatura – pH

Caja 1

Temperatura (°C)	pH (%)	Rango		Dif. Rangos d	Dif. Rangos ² d ²
		Temperatura	pH		
20	6	6	6	3,5	6,25
19	3,5	3,5	3,5	6	6,25
19	3,5	3,5	3,5	3,5	0
19	3,5	3,5	3,5	1	6,25
18	1	1	1	3,5	6,25
19	3,5	3,5	3,5	3,5	0
				$\Sigma = 0$	$\Sigma = 25$

$$r_s = 1 - \left(\frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)} \right)$$

r_s = Coeficiente de correlación de rangos de spearman

$\sum d^2$ = sumatoria de la diferencia de rangos al cuadrado

n = numero de pares de obseraciones

$$r_s = 0,29$$

Caja 2

Temperatura (°C)	pH (%)	Rango		Dif. Rangos d	Dif. Rangos ² d ²
		Temperatura	pH		
21	7,5	6	6	3	9
19	7,5	4	4	3	1
19	8,5	4	4	5,5	2,25
19	7	4	4	1	9
18	8,5	1,5	1,5	5,5	16
18	7,5	1,5	1,5	3	2,25
				$\Sigma = 0$	$\Sigma = 39,5$

$$r_s = 1 - \left(\frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)} \right)$$

r_s = Coeficiente de correlación de rangos de spearman

$\sum d^2$ = sumatoria de la diferencia de rangos al cuadrado

n = numero de pares de obseraciones

$$r_s = -0,13$$

Caja 3

Temperatura (°C)	pH (%)	Rango		Dif. Rangos d	Dif. Rangos ² d ²	
		Temperatura	pH			
19	7,5	7,5	4,5	2	2,5	6,25
19	7,5	7,5	4,5	2	2,5	6,25
19	7,5	7,5	4,5	2	2,5	6,25
19	8,5	8,5	4,5	5	-0,5	0,25
17	8,5	8,5	1	5	-4	16
18	8,5	8,5	2	5	-3	9
				$\Sigma=0$	$\Sigma=44$	

$$rs = 1 - ((6 \sum d^2) \div (n(n^2 - 1)))$$

rs= Coeficiente de correlación de rangos de spearman

$\sum d^2$ = sumatoria de la diferencia de rangos al cuadrado

n= numero de pares de obseraciones

$$rs = -0,26$$

Caja 4

Temperatura (°C)	pH (%)	Rango		Dif. Rangos d	Dif. Rangos ² d ²	
		Temperatura	pH			
20	7,5	7,5	6	4,5	20,25	
19	7,5	7,5	3	1,5	2,25	
19	8,5	8,5	3	-2,5	6,25	
19	8,5	8,5	3	-2,5	6,25	
19	8	8	3	-0,5	0,25	
19	8	8	3	-0,5	0,25	
				$\Sigma=0$	$\Sigma=32,5$	

$$rs = 1 - ((6 \sum d^2) \div (n(n^2 - 1)))$$

rs= Coeficiente de correlación de rangos de spearman

$\sum d^2$ = sumatoria de la diferencia de rangos al cuadrado

n= numero de pares de obseraciones

$$rs = -0,014$$

Anexos B: Datos obtenidos a través de análisis de laboratorio.

Tabla B.1 : Análisis inicial de laboratorio.



**MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
SERVICIO ECUATORIANO DE SANIDAD AGROPECUARIA**

Via Interoceánica Km. 14 Granja del MAG Tumbaco Teléfonos: 2 372-844 Telefax: 2 372-845

**LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS
INFORME DE ANALISIS**

Remitente: Señor. David Andrade.

Localización: PICHINCHA-QUITO-TUMBACO.

Fecha de ingreso al Laboratorio Tumbaco, Octubre 31 de 2007.

Fecha de informe: Tumbaco, Novbre 13 de 2007.

# de Laboratorio	# de Campo	pH	M.O.	N Total	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Clase Textural
			%	%	PPM	cmol/kg	cmol/kg	cmol/kg	PPM	PPM	PPM	PPM	
3173	1	8.72	52.11	2.60	1.8	0.51	17.7	3.04	133.5	51	8.1	26	Orgánica.
3174	2	7.56	59.23	2.96	0.5	0.25	17.65	4.77	142.5	49.7	6	24.5	"
3175	3	9.02	58.55	2.93	2	0.40	15.2	4.44	103.3	40.6	6.7	16	"
3176	4	7.77	50.08	2.50	vestg.	0.20	17.25	3.79	111.4	63.3	6.3	16	"

pH	
Acido	5.5
Ligeramente Acido	5.6-6.4
Practicamente Neutro	6.5-7.5
Ligeramente Alcalino	7.6-8.0
Alcalino	8.1

INTERPRETACION DE NIVELES DE CONTENIDO (Sierra)

M.O.	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
Mat. Org.	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Hierro	Manganeso	Cobre	Zinc
%	%	PPM	CMOL/KG	CMOL/KG	CMOL/KG	PPM	PPM	PPM	PPM
<1.0	0-0.15	0-10	<0.2	<1	<0.33	0-20	0-5	0-1	0-3
1.0-2.0	0.16-0.3	11-20	0.2-0.30	1.0-3.0	0.34-0.66	21-40	6-15	1.1-4	3.1-6
>2.0	>0.31	>21	>0.4	>3.0	>0.66	>41	>16	>4.1	>6.1
									Bajo
									Medio
									Alto

RECIBIDO: *[Signature]*
 FECHA: 14 Nov 07
 Seguridad y Recepción muestras
 Laboratorio SESA - Tumbaco
 Jefe de Laboratorio

Tabla B.2 : Análisis final de laboratorio del compostaje.



SESA
ECUADOR

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
SERVICIO ECUATORIANO DE SANIDAD AGROPECUARIA

Vía Interoceánica Km. 14 Granja del MAG Tumbaco Teléfonos: 2 372-844 Telefax: 2 372-845

LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS
INFORME DE ANALISIS

Remitente: SEÑOR. DAVID ANDRADE.

Localización: RICHINCHA- QUITO - TUMBACO.

Fecha de ingreso al Laboratorio Tumbaco, Enero 15 de 2008.

Fecha de informe: Tumbaco, Enero 24 de 2008.

# de Laboratorio	# de Campo	pH	M.O.	N Total	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Clase Textural
			%	%	PPM	cmol/kg	cmol/kg	cmol/kg	PPM	PPM	PPM	PPM	
35	1 - C	9.26	31.26	1.56	280	33.24	12.95	7.82	56.3	36.7	6.1	46	Orgánica.
			C%=18.13										
36	2 - C	9.63	38.86	1.94	290	38.36	11.85	6.25	75.8	39.1	6.2	33.5	"
			C%=22.54										
37	3 - C	9.38	29.24	1.46	220	38.36	13	6.67	64	41.3	4.6	31	"
			C%=16.96										
38	4 - C	9.60	34.38	1.72	260	40.92	8.80	4.53	71.3	46.6	8.2	47	"
			C%= 20										

INTERPRETACION DE NIVELES DE CONTENIDO (Sierra)

pH	
Acido	5.5
Ligeramente Acido	5.6-6.4
Practicamente Neutro	6.5-7.5
Ligeramente Alcalino	7.6-8.0
Alcalino	8.1

M.O.	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
Mat. Org.	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Hierro	Manganeso	Cobre	Zinc
%	%	PPM	CMOL/KG	CMOL/KG	CMOL/KG	PPM	PPM	PPM	PPM
<1.0	0-0.15	0-10	<0.2	<1	<0.33	0-20	0-5	0-1	0-3
1.0-2.0	0.16-0.3	11-20	0.2-0.38	1.0-3.0	0.34-0.66	21-40	6-15	1.1-4	3.1-6
>2.0	>0.31	>21	>0.4	>3.0	>0.66	>41	>16	>4.1	>6.1
									Bajo
									Medio
									Alto

RECIBI
Recepción
24 Enero 2008
Mauricio
Laboratorio de Suelos y Aguas

Jefe de Laboratorio

Tabla B.3: Análisis final de laboratorio de la lumbricultura.



SESA
ECUADOR

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
SERVICIO ECUATORIANO DE SANIDAD AGROPECUARIA

Vía Interoceánica Km. 14 Granja del MAG Tumbaco Teléfonos: 2 372-844 Telefax: 2 372-845

LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS
INFORME DE ANALISIS

Remitente: SEÑOR. DAVID ANDRADE.

Localización: PICHINCHA - QUITO - TUMBACO.

Fecha de ingreso al Laboratorio Tumbaco, Enero 15 de 2008.

Fecha de informe Tumbaco, Enero 24 de 2008.

# de Laboratorio	# de Campo	pH	M.O.	N Total	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Clase Textural
			%	%	PPM	cmol/kg	cmol/kg	cmol/kg	PPM	PPM	PPM	PPM	
39	1 - L	8.46	41.82	2.09	235	35.29	12.5	18.52	42.9	42.6	5.6	40.5	Orgánica.
			C%=24.26										
40	2 - L	8.96	41.62	2.08	185	30.69	11.6	7.82	42	40.2	4.6	29	"
			C%=24.14										
41	3 - L	9.52	29.05	1.45	220	25.57	12.95	14	38.7	44	5.4	29.5	"
			C%=16.85										
42	4 - L	9.51	28.57	1.43	210	29.66	12.05	7.74	36.3	32.8	5	27	"
			C%=16.57										

INTERPRETACION DE NIVELES DE CONTENIDO (Sierra)

pH	
Acido	5.5
Ligeramente Acido	5.6-6.4
Practicamente Neutro	6.5-7.5
Ligeramente Alcalino	7.6-8.0
Alcalino	8.1

M.O.	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
Mat. Org.	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Hierro	Manganeso	Cobre	Zinc
%	%	PPM	CMOL/KG	CMOL/KG	CMOL/KG	PPM	PPM	PPM	PPM
<1.0	0-0.15	0-10	<0.2	<1	<0.33	0-20	0-5	0-1	0-3
1.0-2.0	0.16-0.3	11-20	0.2-0.38	1.0-3.0	0.34-0.66	21-40	6-15	1.1-4	3.1-6
>2.0	>0.31	>21	>0.4	>3.0	>0.66	>41	>16	>4.1	>6.1
									Bajo
									Medio
									Alto

David Andrade
24-Ene-08
Recibido en el Laboratorio SETI

[Signature]
Jefe de Laboratorio

7.BIBLIOGRAFÍA:

- **Kitto, D.** (1988), Composting. Great Britain. By Thorsons Publishers Limited.
- **Chaney, D.** 1992, Organic Soil Amendments and Fertilizers. California- United States.
- Agencia Europea de Medio Ambiente. (2000). La Unión Europea apuesta por la gestión de residuos. Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas.
- **Urrejola, R.** (2002) Lumbricultura una alternativa de reciclaje. Viña del Mar-Chile. Ed. Richard J. Dumm.
- **Borrer, D. J. y D. M. Delang** (1997). Rinchat y Weriston N. York 812 p.p. An introduction to the study of insects. by Holt.
- **Obeng, L.** (1987) “The Co-composting of Domestic Solid and Human Wastes”. World Bank technical paper number 57.
- **Radicke, Knut.** (1996) Preparación del Compost. Cuenca. Ed Judi Radicke.
- **Campanioni, L.** (1985) Guia Moderna de Lombrices de Tierra y utilización rentable del humus. Barcelona, España. Ed. De Vecchi.
- **Haug, P.** (1993) Sistemas del Compost y tecnologías. Madrid. Ed Prentice Hall.
- **Moreno, M.** (1999) Jardines de los Andes. Bogotá, Colombia.