



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“EVALUACIÓN DE MICROORGANISMOS NATIVOS EN EL
PROCESO DE DEGRADACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN
COMPOSTAJE DEL RELLENO SANITARIO EN EL GAD DEL
CANTÓN DE LA JOYA DE LOS SACHAS”**

Trabajo de Titulación para optar al grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: JOHNNY PATRICIO VEGA ACOSTA

TUTOR: DRA. YOLANDA DÍAZ HEREDIA

RIOBAMBA-ECUADOR

2016

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: el trabajo de investigación “**EVALUACIÓN DE MICROORGANISMOS NATIVOS EN EL PROCESO DE DEGRADACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN COMPOSTAJE DEL RELLENO SANITARIO EN EL GAD DEL CANTÓN DE LA JOYA DE LOS SACHAS**”, de responsabilidad del egresado Sr. Johnny Patricio Vega Acosta ha sido prolijamente revisado por los miembros del tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizado su presentación.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Dra. Yolanda Díaz Heredia
**TUTORA DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

.....

.....

Dr. Fausto Yaulema
MIEMBRO-TRIBUNAL

.....

.....

“Yo, **Johnny Patricio Vega Acosta**, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este trabajo de titulación, y el patrimonio intelectual del trabajo de titulación pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”

Johnny Patricio Vega Acosta

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy.

Para mis padres MARÍA LIBIA ACOSTA PORTILLA y JOSÉ AURELIO VEGA ACOSTA a quienes amo con todo mi corazón, por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis hermanas y mi hermano por estar siempre brindándome su apoyo incondicional, Dios los bendiga siempre.

El principio de la sabiduría es el temor a Jehová. (Proverbios 9:10).

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mi Madre **MARÍA LIBIA ACOSTA PORTILLA**, que con su demostración de una madre ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

A mi padre **JOSÉ AURELIO VEGA MEJÍA**, por su apoyo y comprensión en todo momento de mi vida.

A la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**, a la Facultad de Ciencias, A la Dra. Yolanda Díaz y al Dr. Fausto Yaulema, quienes con sus enseñanzas, acogida, amistad y dirección impulsaron mi carrera.

Y a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

Patricio V

TABLA DE CONTENIDO

	<i>Pág.</i>
TABLA DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
INDICE DE FOTOGRAFÍAS.	xii
INDICE DE GRÁFICAS.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE DIAGRAMA.....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	
1. MARCO TEÓRICO	4
1.1. Tecnología de Microorganismos Nativos	4
1.1.1 Principales microorganismos eficientes y sus acciones.	6
1.1.1.1 <i>Bacterias fotosintéticas</i>	6
1.1.1.2 <i>Bacterias ácido lácticas</i>	7
1.1.1.3 <i>Levaduras</i>	7
1.1.1.4 <i>Hongos de fermentación.</i>	8
1.1.2 <i>Aplicaciones de los microorganismos eficientes.</i>	9
1.1.2.1 <i>En la agricultura.</i>	9
1.1.2.2 <i>En la actividad pesquera.</i>	10

1.1.2.3	<i>En aves de corral.</i>	10
1.1.2.4	<i>Para reciclar desechos sólidos.</i>	10
1.1.3	Certificación de esta tecnología (EM).....	11
1.1.4	Identificación de microorganismos eficientes.....	11
1.2.	Residuos orgánicos gráfica	13
1.2.1	<i>Fuentes de residuos orgánicos.</i>	14
1.2.1.2	<i>Residuos sólidos domiciliarios.</i>	16
1.2.2	<i>Alternativas que se plantean para el tratamiento de los residuos orgánicos.</i>	17
1.2.2.1	<i>Los residuos como fuente de alimento animal</i>	18
1.2.2.2	<i>Los residuos como fuente de energía.</i>	18
1.2.2.3	<i>Los residuos orgánicos como fuentes de abonos</i>	18
1.3	Compostaje.	19
1.3.1	<i>Etapas principales de un proceso de compostaje.</i>	19
1.3.2	<i>Factores que condicionan el proceso de compostaje.</i>	21
1.3.2.1	<i>Temperatura.</i>	22
1.3.2.2	<i>Humedad.</i>	23
1.3.2.3	<i>Aireación.</i>	23
1.3.2.4	<i>El pH.</i>	24
1.3.2.5	<i>Tamaño de partícula</i>	24
1.3.2.6	<i>Microbiota</i>	25
1.3.2.7	<i>Relación C: N.</i>	26

CAPITULO II

2	PARTE EXPERIMENTAL.....	28
2.1.	Localización de la investigación.	28
2.1.1.	<i>Coordenadas</i>	28
2.1.2.	<i>Topografía del terreno</i>	29
2.2.	Descripción del proceso de la investigación.	29
2.2.1.	<i>Elaboración de trampas para captura de microorganismos nativos.</i>	30
2.2.1.1.	Ingredientes a utilizarse en la preparación de las trampas de captura.....	32
2.2.2.	Captura de los microorganismos.	32
2.2.3.	Características físicas observadas en las muestras recolectadas	33
2.2.4.	<i>Identificación de microorganismos capturados</i>	34
2.2.4.1.	<i>Identificación de hongos y levaduras, técnicas aplicadas</i>	34
2.2.4.2.	<i>En la caracterización de los hongos y levaduras.</i>	37
2.2.4.3.	<i>Caracterización morfológica</i>	37
2.2.4.4.	<i>Técnicas aplicadas en la identificación de bacterias.</i>	38
2.2.5.	Análisis de bioquímico de los aislados bacterianos	39
2.2.5.1.	<i>Prueba de la Catalasa.</i>	39
2.2.6.	<i>Procedimiento para activación de los microorganismos eficientes.</i>	39
2.3	Trabajo de campo.....	40
2.3.1	Recolección de la materia orgánica a utilizarse.	40
2.3.2.	<i>Aplicación del coctel.</i>	41
2.3.2	Pasos seguidos para la elaboración del compost.....	41

2.4.	Análisis del suelo en el laboratorio.	44
------	--	----

CAPITULO III

3.	CÁLCULOS, ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	46
----	--------------------------------------	----

3.2.	Resultados de los análisis de la identificación de los microorganismos.	46
------	--	----

3.2.	Resultados de trabajos de campo.....	46
-------------	---	-----------

3.2.1.	Mediciones de parámetros en campo.	46
--------	---	----

3.2.1.2.	<i>Control de la humedad en los tratamientos.</i>	47
----------	--	----

3.3.1.3	<i>Mediciones de temperatura y Ph.....</i>	47
---------	--	----

3.3.	<i>Resultados de la calidad del compost.</i>	55
------	---	----

CONCLUSIONES.....	57
--------------------------	-----------

RECOMENDACIONES.....	58
-----------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1-1. Bacterias fijadoras de nitrógeno Rhizobium. Coloreada micrografía.....	6
Figura 2-1. Bacterias Lactobacillus. Color micrografía electrónica de barrido (SEM) de Lactobacillus de brueckii subsp. Bacterias bulgaricus.....	7
Figura 3-1. Saccharomyces cerevisiae. Coloreada micrografía electrónica de barrido (SEM) de células de levadura.....	8
Figura 4-1. Fase micrografía óptica de contraste de una sección a través de hifas de un hongo Penicillium sp.....	9
Figura 5-1. Cultivo manejado con microorganismos nativos.....	10
Figura 6-1. Pila de compost con empleo de EM. (Antes y después).....	11
Figura 7-1. Tinción Gram.....	13
Figura 8-1. Calculo de las unidades formadoras de colonias / gramos de suelo.....	15
Figura 9-1. Porcentaje de unidades bovinas en el cantón Joya de los Sachas.....	15
Figura 10-1. Alternativas para la eliminar los desechos sólidos en el cantón Joya de los Sachas.....	16
Figura 11-1. Celdas del relleno sanitario del cantón La Joya de los Sachas.....	17
Figura 12-1. Etapa termofílica del proceso de compostaje.....	20
Figura 13-1. Hongo indicador de la fase mesófila I.....	20
Figura 14-1. Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje.....	22
Figura 15-1. Dimensiones de una pila de compostaje para pequeño agricultor.....	25
Figura 1-2 Siembra en tubos de ensayo.....	37
Figura 2-2 Método del cuarteo para extraer una muestra representativa de los	

	RSM.....	40
Figura 1-3	Técnica del puño cerrado para determinar la humedad.....	47

INDICE DE FOTOGRAFÍAS.

	Pág.
Fotografía 1-2 Ubicación del Relleno Sanitario Del Cantón De La Joya De los Sacha.....	29
Fotografía 2-2 Muestras recolectadas.....	34
Fotografía 3-2 Resultados de la incubación.....	36

INDICE DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1-3 Cambio de temperatura durante el proceso de compostaje con la concentración.....	48
Gráfica 2-3 Variación del pH en el transcurso de los días.....	49
Gráfica 3-3 Variación de temperatura en el transcurso de los días.....	50
Gráfica 4-3 Variación del pH en el transcurso de los días.....	51
Gráfica 5-3 Variación de temperatura en el transcurso de los días.....	52
Gráfica 6-3 Variación de pH en el transcurso de los días.....	53
Gráfica 7-3 Variación de temperatura en el transcurso de los días.....	54
Gráfica 8-3 Variación de pH en el transcurso de los días.....	55

ÍNDICE DE TABLAS.

	Pág.
Tabla 1-2 Grupos de tratamiento.....	30
Tabla 2-2 Coordenadas geográficas de los sitios de captura.....	31
Tabla 3-2 Número de trampas colocadas según el sitio.....	33
Tabla 4.2. Cantidades aplicadas de coctel de EM.....	41
Tabla 5-2 Rangos óptimos de humedad.....	42
Tabla 6-2 Rangos óptimos de temperatura.....	43
Tabla 7-2 Rangos óptimos de pH.....	44
Tabla 1-3 Resultados obtenidos.....	46
Tabla 2-3 Resultados de la composición del compost.....	56

ÍNDICE DE DIAGRAMA

	Pág.
Diagrama 1-2 Pasos de siembra por estrías.....	35

RESUMEN

El propósito de la investigación fue, evaluar la acción de microorganismos nativos en la degradación de materia orgánica, en un proceso de elaboración de compostaje, en el relleno sanitario del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón de la Joya de los Sachas. Se realizó la captura de microorganismos nativos y para ello se elaboraron trampas con arroz, después que transcurrieron 18 días de haberlas colocadas se recogieron nuevamente las trampas; luego se realizó una identificación de microorganismos mediante técnicas de cultivo en laboratorio, para lo cual se utilizó Agar PDA y Agar nutriente. Con la masa de microorganismos recolectados se realizó un cóctel microbiano en tres concentraciones diferentes, para ello se utilizaron agua destilada, melaza, levadura, yogurt natural, leche; este cóctel fue aplicado mediante fumigación utilizando una bomba de capacidad de 20 litros, a tres muestras diferentes de materia orgánica con un peso de 376.56 kg cada una, más un grupo de control al cual no se le aplicó tratamiento, cada uno de los tratamientos fueron cubiertos con un plástico para evitar la excesiva humedad y la caída brusca de temperatura. Se obtuvieron los siguientes resultados: el tratamiento A (X1 EM 1500 ml 16200000 UFC) tuvo una duración de 60 días, el tratamiento B (X2 EM 1000 ml 13230000 UFC) de 68 días, el tratamiento C (X3 EM 500 ml 10050000 UFC) de 74 días, el grupo de control aún no está finalizado, más sin embargo se le realizó el análisis correspondiente hasta ese día. Se concluye que el tratamiento A es el más eficiente para acelerar un proceso de compostaje en 60 días. Se recomienda al Departamento de Calidad Ambiental del GADM Joya de los Sachas utilizar la concentración de 16200000 UFC de cóctel por cada 20 litros de agua, ya que a esta concentración se logra obtener compost en 60 días

Palabras Claves: <MICROORGANISMOS NATIVOS> <MATERIA ORGÁNICA>
<ELABORACIÓN DE COMPOST> <HUMEDAD DEL COMPOST> <IDENTIFICACIÓN
DE MICROORGANISMOS> < AGAR PDA> < AGAR NUTRIENTE>
<MICROBIOLOGÍA>

SUMMARY

The purpose of the research was to evaluate the action native microorganisms in the degradation of organic matter in a composting production process in the sanitary fill of the Decentralized Autonomous Government of Cantón Joya de los Sachas. The capture native microorganisms was carried out, and rice traps were prepared for that, after 18 days having place them, the traps were collected again, the, then a microorganism identification was realized by means of cultivation techniques in laboratory, for which PDA Agar and nutrient Agar were employed. A microbial cocktail was made with the mass of collected microorganisms in three different concentrations; for this purpose distilled water, molasses, yeast, natural yogurt, milk were applied; this cocktail was administered by fumigation using a pump with the capacity of 20 liters, to three different samples of organic matter with a weight of 376.56 kg each, plus a control group to with the treatment wasn't applied, each of the treatments were covered with a plastic to avoid the excessive moisture and the sudden temperature fall. The following result were obtained: treatment A (X1 EM 1500 ml 16200000 CFU) had a duration of 60 days, treatment B (X2 EM 1000 ml 13200000 CFU) of 68 days, treatment C (X3 EM 500 ml 10050000 CFU) of 74 days, the control group is not finished yet, however the corresponding analysis was conducted until that day. It is concluded that the treatment A is the most efficient to accelerate a composting process in 60 days. It is recommended that the Department of Environmental Quality of GADM Joya de los Sachas use the concentration of 16200000 CFU of cocktail per 20 liters of water, since at this concentration is possible to obtain compost in 60 days.

Key Words: <NATIVE MICROORGANISMS> < ORGANIC MATTER> < COMPOST PRODUCTION> < COMPOST MOISTURE> < MICROORGANISMS IDENTIFICATION > < PDA AGAR> < NUTRIENT AGAR> < MICROBIOLOGY>

INTRODUCCIÓN

Situación Problemática

El Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón la Joya de los Sachas se encuentra en la provincia de Orellana, este cantón limita al sur con la ciudad de Francisco de Orellana, al norte con la provincia de Sucumbíos, se encuentra a una altura promedio de 270 msnm, su temperatura promedio es de 26 °C, con una extensión de 1.197 km².

En el Cantón de la Joya de los Sachas actualmente se recolectan 24 toneladas de residuos al día, de los cuales el 80% corresponden a residuos orgánicos.

El crecimiento población y una falta de cultura ambiental, hacen que los residuos producidos en la ciudad realmente sean un problema, estos residuos son recolectados por la municipalidad mediante el departamento de Calidad ambiental, el mismo que utilizando recolectores hacen la recolección y disposición final de estos residuos en el relleno sanitario.

Al llegar los residuos al relleno sanitario no se les da un tratamiento especial, es mas no se hace una clasificación de los residuos, si no que todo es enterrado en las fosas con pequeñas capas de tierra, pero mientras esto sucede existen aves como los buitres que escarban entre los residuos y a la vez se convierten en transmisores de enfermedades para las personas que habitan cerca del relleno sanitario.

Es por ello que se propone realizar esta investigación con el objetivo de que en un futuro se realice campañas sobre la clasificación de los residuos y se les pueda dar el respectivo tratamiento y convertir a esos residuos en un compost que podrá ser utilizado por los habitantes del cantón.

Formulación del Problema

¿Son los microorganismos eficientes nativos la solución para reducir el tiempo de la elaboración de compost?

JUSTIFICACIÓN

Es de vital importancia para el cantón de la Joya de los Sachas y para la región que se empiece hablar de microorganismos eficientes nativos que ayuden a degradar la materia orgánica en los procesos de compostaje, ya que hoy por hoy se trata de utilizar todo residuo como materia prima y producir otros productos.

Los beneficiarios directos de la implementación de este proyecto en el relleno sanitario debido a la reducción de malos olores serán las familias que habitan en la zona aledaña al relleno sanitario que son unas 15 familias, ya que aparte que se abrirán plazas de trabajo se reducirá la contaminación por la emanación de malos olores y plagas como la abundancia de moscas en los hogares, además también como beneficiarios indirectos esta toda la población urbana y rural que sumados dan una población de 35.935 habitantes.

La implantación de este proyecto se convertiría en algo innovador en la región ya que ningún otro municipio de la región tiene implementado un proyecto parecido, además el proyecto es viable ya que el municipio ya construyó los galpones correspondientes para este proyecto, cuenta con personal suficiente para llevar adelante este proyecto y hacer de él uno de los sistemas más eficaces en el manejo de residuos orgánicos.

En conclusión la aplicación de este proyecto promete ser una de las soluciones más viables y efectivas para darle un tratamiento a los residuos producidos y aparte obtener beneficios económicos.

OBJETIVO

General

Evaluar la acción de microorganismos nativos en el proceso de degradación de materia orgánica en la elaboración de compostaje, en el relleno sanitario en el GAD del cantón de la Joya de los Sachas.

Específicos

- Identificar microorganismos nativos de la zona con potencial uso en el proceso de degradación.
- Comprobar la eficiencia degradadora de los microorganismos identificados sobre los residuos orgánicos del cantón de la Joya de los Sachas en función del tiempo.
- Verificar la calidad e inocuidad del compost que garantice la efectividad de los microorganismos empleados.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Tecnología de Microorganismos Nativos

También conocidos como microorganismos eficientes (EM) constituyen consorcios microbianos nativos tales como: bacterias fototrópicas, bacterias lácticas, levaduras y hongos fermentadores cuyo efecto metabólico se ve potencializado al trabajar en conjunto, esta tecnología surgió gracias a investigaciones del Dr. Teruo Higa de la universidad de Ryukus de Okinawa, Japón. (Higa, 1994, pág. 12)

Esta tecnología ha sido replicada en zonas climáticas similares al cantón Joya de Los Sachas, como el caso de las investigadoras de la Universidad de Santander que consiguieron acelerar el proceso de compostaje de residuos post-cosecha (pulpa) del café de 150 días a tan solo 40 días mediante la aplicación de microorganismos endógenos. (Vásquez, 2010, págs. 15-19).

La inoculación de microorganismos nativos para acelerar el proceso de compostaje de residuos sólidos urbanos llevado a cabo por investigadores argentinos de la Universidad Nacional de Entre Ríos consiguió como resultado la estabilidad y madurez de las pilas inoculadas cuatro semanas antes que la pila control sin inoculación. (Cariello, 2007, págs. 26-35)

Según el departamento de Agricultura de los Estados Unidos, esta técnica ha demostrado ser eficiente en diferentes áreas como lo son en la agricultura como estimuladores para mejorar sus características biológicas y en las aplicaciones como abonos foliares, en la alimentación de animales de granja al ser agregados a los concentrados que estos consumen. (Cariello, 2007, págs. 35-37)

Según Teruo Tiga profesor de horticultura de la Universidad de Ryukyus de Okinawa Japón, los microorganismos están presentes en prácticamente todos los ambientes pueden estar en el aire, en el suelo, en nuestros intestinos, en los alimentos que consumimos todos los días, en el agua que bebemos. Los microorganismos nativos como inoculantes microbianos ayudan en el restablecimiento del equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas, incrementando la producción de los cultivos y su protección; además conserva los

recursos naturales, generando una agricultura sostenible que cada día se enfoca en producir alimentos mucho más sanos, sustituyendo la aplicación de productos químicos propios de la agricultura intensiva y a gran escala. (Cariello, 2007, págs. 26-38)

La utilización de los microorganismos eficientes en diferentes actividades humanas tiene sus ventajas como por ejemplo sus aplicaciones en los siguientes campos:

En las plantas:

En las plantas los microorganismos eficientes producen los siguientes efectos:

- Aumento de la velocidad de germinación de semillas.
- Mayor fortalecimiento de estructuras vegetales como tallos y raíces debido al efecto como rizo bacterias promotoras del crecimiento vegetal.
- Incremento de las probabilidades de supervivencia de las plántulas que se pretenden utilizar.
- Desarrollo de mecanismos de resistencia sistémica ante presencia de enfermedades y plagas en las plantas.
- Favorecen la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas.
- Mayor desarrollo de la capacidad fotosintética debido a un mayor desarrollo foliar.
- Suprime organismos patógenos y plagas presentes en el suelo.

(Zúñiga, et. al., 2011, pp.9-10)

En los suelos:

- Mejoramiento de la estructura, estado de agregación de las partículas, reduce la compactación, favorece el incremento de los espacios porosos y la infiltración del agua.
- A nivel biológico permiten el control de microorganismos patógenos desarrollando mecanismos de competencia y supresión
- Al mejorar las condiciones del suelo favorecen el rendimiento de los cultivos de producción orgánica. (Zúñiga, et. al., 2011, pp.10-11)

En la avicultura

En la avicultura los microorganismos son aplicados al agua de consumo dando como resultado:

- Reducción de los malos olores y población de moscas.
- Reducción de los gastos de productos químicos.
- Animales con factores de conversión alimenticia superiores a valores de 250 gramos /kg de concentrado.

1.1.1 Principales microorganismos eficientes y sus acciones.

A continuación se describen algunos de los principales tipos de microorganismos nativos presentes y su acción:

1.1.1.1 Bacterias fotosintéticas

Son un grupo de microorganismos independientes y autosuficientes, que logran sintetizar sustancias útiles tomando como base las exudaciones radiculares, materia orgánica y/o gases nocivos, emplean como fuente de energía luz solar y el calor del suelo. Debido a que brindan sostén a otros microorganismos constituyen el eje central de la actividad metabólica de los EM. (Higa, 1993, pp. 1-3)



Figura1-1 Bacterias fijadoras de nitrógeno Rhizobium. Coloreada micrografía

Fuente: (Steve Gschmeissner/Science Photo Library, 2013)

1.1.1.2 Bacterias ácido lácticas

Estas bacterias se caracterizan por la producción de ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos desarrollados por bacterias fotosintéticas y levaduras. Este ácido constituye un agente esterilizante fuerte sobre microorganismos no benéficos y lo que sin duda contribuye a la degradación de componentes como la lignina y la celulosa evitando efectos indeseables propios de la materia orgánica sin el grado idóneo de descomposición. (Moreno & Mormeneo, 2007, p. 117).



Figura 2-1 Bacterias Lactobacillus. Color micrografía electrónica de barrido (SEM) de Lactobacillus del brueckii subsp. Bacterias bulgaricus.

Fuente: (Steve Gschmeissner/Science Photo Library, 2013)

1.1.1.3 Levaduras

Son microorganismos unicelulares con estructura intermedia entre bacterias y hongos, especies como *Saccharomyces spp* sintetizan sustancias antimicrobiales y otras sustancias útiles como hormonas, enzimas y vitamina muy necesarias para el desarrollo vegetal, ello a partir de aminoácidos y azúcares producidos por las bacterias fotosintéticas, material orgánico y exudados radiculares. (Higa, 1994, p.18)



Figura 3-1 *Saccharomyces cerevisiae*. Coloreada micrografía electrónica de barrido (SEM) de Células de levadura

Fuente: (Power and Syred /Science Photo Library, 2013)

1.1.1.4 Hongos de fermentación.

Investigaciones sobre la descomposición de la celulosa revelan que los colonizadores son hongos como *Rhizoctonia solani*, *Humicola spp.*, *Trichoderma*, *Penicillium*, *Mucor*, *Fusarium* y *Aspergillus* (Arévalo, 2002, p.52). En el proceso de compostaje los hongos emiten principalmente 1-octen-3-ol, metilfurano y dimetildisulfuro (Börjesson., 1992, pp. 2599-2605).



Figura 4-1 Fase micrografía óptica de contraste de una sección a través de hifa de un hongo *Penicillium* sp

Fuente: (John Durham/Science Photo Library, 2013)

1.1.2 Aplicaciones de los microorganismos eficientes.

Los beneficios de los EM según el manual para la producción de compost con microorganismos eficaces del Perú (2007) aplican a las siguientes áreas:

1.1.2.1 En la agricultura.

La mejor manera de utilizar los microorganismos eficientes nativos en la agricultura depende de la región, la calidad de la tierra, el clima, el método de cultivo, irrigación, cosechas y otros factores.

En si la utilización de los microorganismos eficientes nativos ayuda mucho a alargar la vida útil del suelo ya que ayuda a la proliferación de microorganismos benéficos en el suelo, inhibe la proliferación de los microorganismos patógenos.

EFECTO BENEFICO EN LA AGRICULTURA DE LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES



Figura 5-1 Cultivo manejado con microorganismos nativos.
Fuente: (John Durham/Science Photo Library, 2013)

1.1.2.2 En la actividad pesquera.

De acuerdo a los estudios y experimentos, los microorganismos eficientes (EM) son extremadamente beneficiosos para la actividad pesquera, la comida de los peces se fermenta con EM antes de alimentarlos. Una variedad de alimentos hechos con EM incluyen aquellos excrementos de animales desechos sólidos con Bokashi y alimento comercial.

1.1.2.3 En aves de corral.

El empleo de los microorganismos eficientes nativos (EM) en la industria avícola es para fermentar los alimentos antes de suministrarlos a las aves. Los EM son agregados al agua de bebida en proporciones 1:1000 lo que ha ayudado en el enriquecimiento con sustancias benéficas.

1.1.2.4 Para reciclar desechos sólidos.

Los desechos sólidos especialmente procedentes de la alimentación humana pueden ser reciclados con el empleo de los microorganismos eficientes convirtiéndolos en productos inofensivos y útiles, se ha comprobado que tarda únicamente entre 4 a 6 semanas frente a los varios meses que requiere el proceso natural además se ha evidenciado eliminación de olores .



Figura 6-1 Pila de compost con empleo de EM. (Antes y después).
Fuente: (David Aubrey/Science Photo Library, 2013)

1.1.3 Certificación de esta tecnología (EM)

En el año de 1995 el Servicio de Investigación de Agricultura, Ministerio de Agricultura de los Estados Unidos certificó que los cultivos mixtos de bacterias comunes, bacterias fotosintéticas, levaduras y actinomicetos conocidos como EM al no ser modificados no constituyen ningún efecto dañino para las plantas o los seres humanos.

Al darse esta certificación les permite a los productores de cultivos orgánicos de California utilizar los microorganismos eficientes. En Nueva Zelanda los microorganismos eficientes tienen certificación Bio – Gro como producto totalmente orgánico aprobado. (Paz, 1999, p.96-97)

1.1.4 Identificación de microorganismos eficientes

La identificación se realiza mediante medios de cultivo que son sustancias nutritivas, líquidos o en gel (agar) que se emplean para el cultivo de bacterias, hongos, células animales o vegetales.

Los medios a usar en esta investigación son:

Agar nutritivo: Es un medio de cultivo general para bacterias, los nutrientes como nitrógeno, carbono, vitaminas y aminoácidos son proporcionados por digestión enzimática de la gelatina y extracto de carne. El agar es el agente solidificante., la respuesta del crecimiento en este agar se da a 35 ± 2 ° C después de 18 - 24 horas de incubación. (Downes F. P. & Ito K., 2001)

Papa Dextrosa Agar (PDA): Se utiliza para el aislamiento, cultivo y enumeración de levaduras y mohos en muchas muestras, las especies características son observadas después de la incubación a 20-25 °C durante 2-5 días. La infusión de patata y dextrosa promueven el crecimiento de hongos exuberantes. (Downes F. P. & Ito K., 2001)

El número de unidades formadoras de colonias (UFC) se calcula en base a la siguiente ecuación:

$$\frac{UFC}{g \text{ suelo seco}} = \frac{(NC * 1FD * 1V)}{P * FH}$$

Dónde:

NC= número de colonias en una caja

FD=Factor de dilución que corresponde a la dilución de donde se tomó la muestra con la que se inocula la caja (10^{-1} a 10^{-10})

V= Volumen inoculado en la caja= 0,1 ml.

P =Peso de la muestra húmeda

FH= Factor de corrección de humedad (1- (% humedad/100))

Tinción Gram : Esta prueba de diferenciación microbiana se basa en la facilidad de teñido de estructuras con compuestos orgánicos que poseen grupos cromóforos y auxocromos unidos a anillos bencénicos siendo observable en el microscopio con el objetivo de inmersión, ya que la luz atraviesa los cuerpos de los microorganismos haciéndolos transparentes.

Con esta prueba se logran diferenciar dos grupos morfológicos de bacterias: Gram (+) y Gram (-), las mismas que se basan en las diferencias en la constitución de la estructura de sus paredes celulares, cabe indicar que la pared celular de las bacterias Gram (+) es más gruesa y consiste entre un 80-90% de varias capas interconectadas de peptidoglicano (copolímero) así como ácido

teicoco. Por otro lado las bacteria Gram (-) poseen una capa más delgada únicamente de petidoglicano (10-20%), poseen una capa externa de fosfolípidos, lipopolisacáridos y lipoproteínas.

Cuando teñimos una bacteria requerimos hacer un frotis, es decir requerimos situar una minúscula muestra de una colonia bacteriana sobre un portaobjetos, extenderla, dejarla secar y fijarla. Luego se tiñe el frotis con violeta cristal, solución yodada, alcohol etílico/ acetona y safranina.

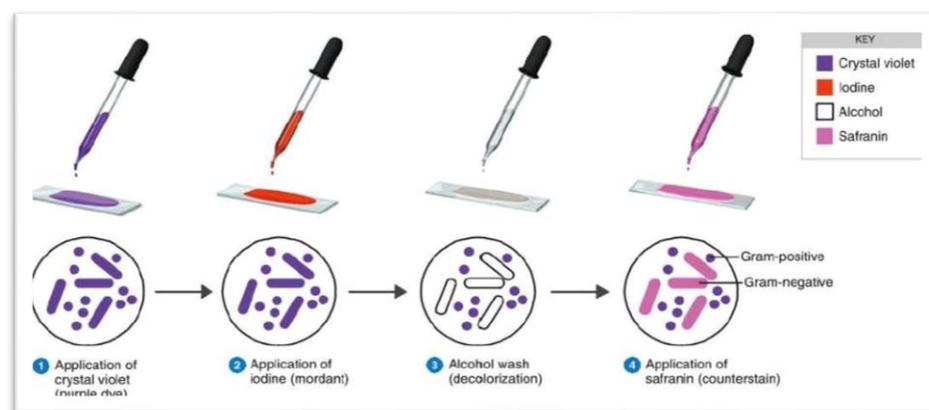


Figura 7-1 Tinción Gram

Fuente: (Khezar Hayat, Medimoon, 2013)

1.2. Residuos orgánicos gráfica

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, define a los residuos como aquellas materias generadas en las actividades de producción y consumo que no alcanzan en el contexto que son producidas ningún valor económico; ello puede ser debido tanto a la falta de tecnología adecuada para su aprovechamiento como a la inexistencia de un mercado para los productos recuperados.

En su acepción más sencilla y en general los residuos son partes que quedan de un todo, de un cuerpo, luego que han sufrido un proceso de transformación natural o artificial que puede modificar o no sus características físico-químicas y estructurales iniciales. En términos

estrictamente físicos, los residuos son consecuencia de la transformación de la materia y la energía (Sztern, D & Pravia, M, 1996, p. 66).

Los residuos orgánicos son aquellos considerados como material sobrante o desperdiciables generados en actividades agropecuarias, domiciliarias, entre otras, que se caracterizan por ser de origen vegetal o animal generados de forma natural durante el ciclo de vida durante funciones fisiológicas y son biodegradables. (Grundey, K., 1982)

La humedad es otro parámetro a tomar en cuenta en los residuos orgánicos. La humedad varía de un pequeño porcentaje como es el caso de residuos de cosechas. El contenido de humedad, puede llegar a condicionar las alternativas de cosechas.

1.2.1 Fuentes de residuos orgánicos.

Tenemos diferentes fuentes de origen de los residuos orgánicos y son las siguientes:

1.2.1.1 Actividad agropecuaria.

Son aquellos de origen vegetal y animal. Los residuos vegetales están compuestos por restos de cosechas y cultivos. El contenido de humedad de este tipo de residuos es relativo dependiendo de varios factores; características de las especies cultivadas, ciclo del cultivo, tiempo de exposición a los factores climáticos, manejo, ciclo del cultivo, tiempo de exposición a los factores climáticos, manejo.

Entre los residuos animales, se incluyen excrementos sólidos y semisólidos y líquidos y purines son los residuos que presentan un mayor interés por la concentración espacial que alcanzan en producciones como la lechera, suinocultura, avicultura entre otros y por el impacto ambiental negativo que producen en la mayoría de los casos.

Según información levantada en campo por el Departamento de Desarrollo Comunitario del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón La Joya de los Sachas, (GADMCS) el área estimada de cultivo de palma africana se halla en torno a los 22.59 km², de palmito 22 km², la superficie estimada de cítricos llega a 15 Ha, en menor escala maíz, arroz, palmito, cacao, café, cultivos de Coco, aguacate, piña, papaya, sandía, pepino, zapote, guaba,

uva de monte, caña de azúcar, borjón, jack fruit y otros. Junto al empleo pecuario constituye 59.221,68 Ha (49.47% de la superficie del cantón) en menor escala tenemos.

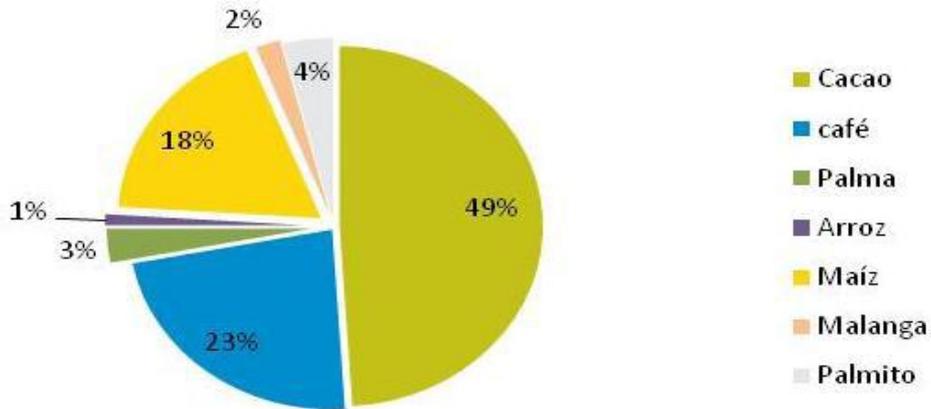


Figura 8-1 Calculo de las unidades formadoras de colonias / gramos de suelo.

Fuente: (DMDC GADMCJS, 2012)

En 2012 según datos de AGROCALIDAD – Francisco de Orellana, en el cantón se tuvieron 37.099 unidades bovinas distribuidas por parroquias de la siguiente manera:

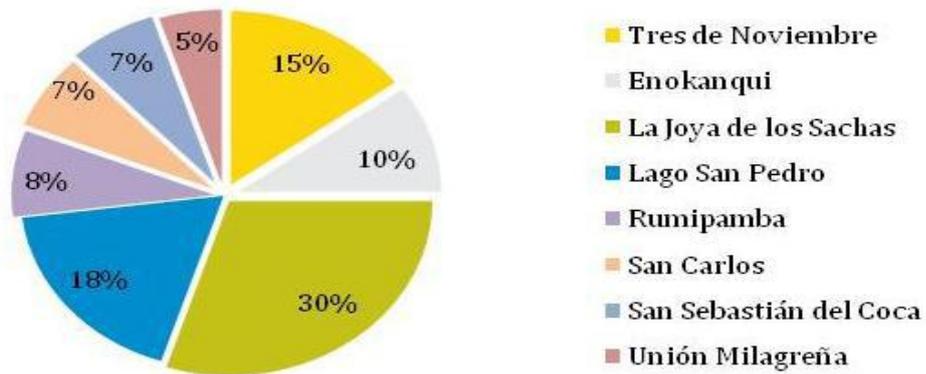


Figura 9-1 Porcentaje de unidades bovinas en el cantón Joya de los Sachas

Fuente: (AGROCALIDAD – Francisco de Orellana, 2012)

1.2.1.2 Residuos sólidos domiciliarios.

Constituyen los residuos generados por cualquier actividad en las zonas urbanas y en sus zonas de influencia. Las características que poseen estos residuos son:

- **Regularidad en la emisión:** Se producen cada día de forma continua.
- **Incremento en la emisión:** En pocos años se ha pasado de 0.6 kg/ habitante/día a valores de 0.7 -0.9 kg/habitante/día.
- **Heterogeneidad en su composición:** Son una mezcla de desechos de origen orgánico e inorgánico, sujeta a variaciones de tipo estacional y zonal.
- **Concentración espacial:** Una vez efectuada la recolección, los residuos son llevados a un sitio determinado para su disposición final.
-

La cantidad de residuos orgánicos producidos en un hogar es mayor a la cantidad de residuos inorgánicos, llegando a estar cerca de 80 % del total de los residuos domiciliarios.

Según datos del VII Censo de Población y VI de Vivienda 2010 en el cantón existían las siguientes alternativas de tratamiento de residuos domiciliarios:

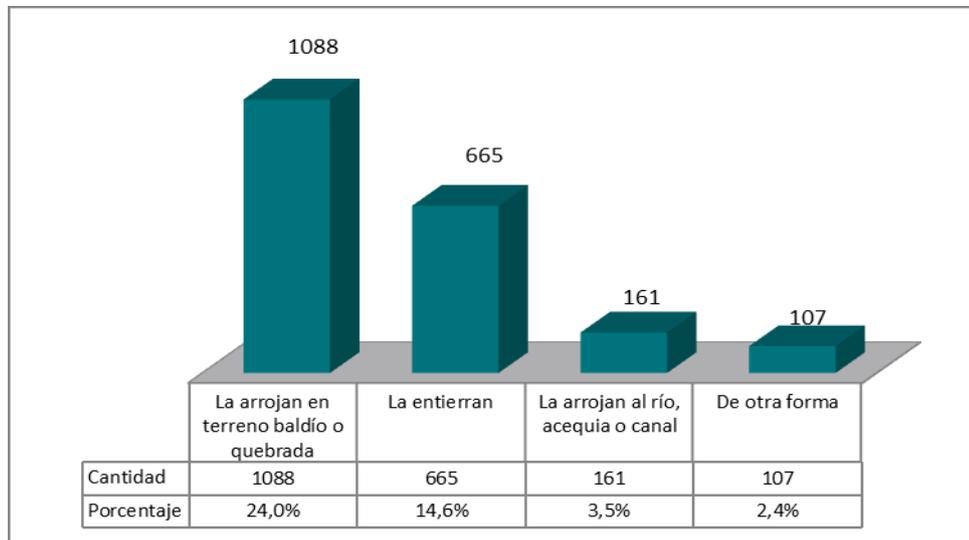


Figura 10-1 Alternativas para la eliminar los desechos sólidos en el cantón Joya de los Sachas.

Fuente: (INEC, VII Censo de Población y VI de Vivienda, 2010)

En el cantón, desde el 2008, los desechos sólidos son depositados en un relleno sanitario combinado (trinchera-área) el mismo que está ubicado a 6 km del centro urbano de La Joya de los Sachas. En un área total de 13 ha.



Figura 11-1 Celdas del relleno sanitario del cantón La Joya de los Sachas

Fuente: (Equipo Técnico del GADMCS, 2012)

1.2.2 Alternativas que se plantean para el tratamiento de los residuos orgánicos.

La recuperación, reutilización o transformación de los residuos en productos útiles que benefician a los sectores productivos constituyen una opción ideal, considerando la consecuencia de un diagnóstico objetivo de la problemática ambiental que se presenta en cada sitio de generación de los residuos.

Las alternativas a tomar en cuenta deben de ser adecuadas técnicamente a las características locales del sitio donde van a ser aplicadas o colocadas en marcha, además deben de ser económicamente viables y sustentables ecológicamente.

Las alternativas que se han manejado para la reutilización y/o conversión son las siguientes:

- Los residuos como fuente de alimento animal.
- Los residuos como fuente de energía.
- Los residuos orgánicos como fuentes de abonos.

1.2.2.1 Los residuos como fuente de alimento animal

Es una de las mejores alternativas de reutilización y de las más antiguas que emplea los residuos orgánicos de la actividad agropecuaria como fuente de alimento animal transformados en forrajes y piensos, asimismo la aplicación directa en el suelo de los mismos como abonos.

1.2.2.2 Los residuos como fuente de energía.

Los restos de origen biógeno conocidos como biomasa poseen macromoléculas orgánicas con un alto potencial energético cuyos enlaces al romperse liberan energía química. (Sztern, D & Pravia, M.A, 1999, 67 pp.)

Se establecen dos categorías de biomasa como fuentes energéticas:

- **Fuentes Primarias:** Aquella biomasa que no es considerada residuo de alguna actividad agroindustrial o empleo humano.
- **Fuentes Secundarias:** Esta biomasa es considerada subproducto de alguna actividad y es susceptible a una conversión energética.

1.2.2.3 Los residuos orgánicos como fuentes de abonos

Es el proceso mediante el cual se produce la estabilización de la materia orgánica por descomposición biológica bajo condiciones controladas que resulta en un producto estable libre de patógenos y semillas.

Existen muchas técnicas para producir abonos como son:

- **Bocashi:** Significa materia orgánica fermentada, es un abono de rápida obtención y excelente fuente de nutrientes.
- **Lombricultura:** Es la técnica que emplea lombrices en cautiverio, bajo control a fin de aprovechar el humus generado al consumir residuos orgánicos.
- **Compostaje:** Constituye la mezcla de desechos orgánicos donde las bacterias aeróbicas y anaeróbicas llevan a cabo un proceso de descomposición.

1.3 Compostaje.

El compost es un excelente abono para la agricultura que ayuda en la recuperación de los suelos desgastados por la agricultura intensiva, por lo general la elaboración de un compost tarda entre 3 a 6 meses en condiciones normales, pero si es estimulado con microorganismos incorporándolos periódicamente se pueden reducir el tiempo de producción de forma considerable.

En el proceso ideal de compostaje se llevan a cabo un conjunto de reacciones producidas mediante la intervención diversos tipos de microorganismos tales como bacterias y los hongos.

1.3.1 *Etapas principales de un proceso de compostaje.*

En el proceso de compostaje existen 4 etapas principales y estas son las siguientes:

- **Etapa Mesofílica:** En ésta etapa el material orgánico de partida arranca el proceso de compostaje a temperatura ambiente, en el transcurso de unos días y en ocasiones horas se logra incrementar hasta los 45°C, este aumento es causado debido al empleo de fuentes sencillas de C y N generando calor, aquí también se produce la descomposición de azúcares lo que produce ácidos orgánicos, llegando a producir bajas de pH (hasta cerca de 4.0 o 4.5). La duración de esta fase está en torno a los dos y ocho días. (Román, Martínez & Pantoja, 2013, pp. 23-28)
- **Etapa Termofílica:** tras alcanzar temperaturas superiores a los 45°C se produce la sustitución de microorganismos mesófilos por microorganismos termófilos como bacterias, actinomicetos, y algunos hongos que favorecen el proceso degradativo de los componentes más complejos con alto contenido de celulosa y lignina, en este proceso el pH del medio se incrementa debido a que dichos microorganismos transforman el nitrógeno en amoníaco.

En esta etapa también se tiene que calor generado elimina bacterias patógenas como *Escherichia coli* y *Salmonella spp*, al superar los 55°C se produce la supresión de agentes patógenos como helmintos, esporas y semillas de malezas, permitiendo la obtención de un producto desinfectado. El periodo de duración de esta fase va desde unos días hasta algunos meses, ello dependiendo del material orgánico de partida, condiciones climáticas y otros factores.



Figura 12-1 Etapa termofílica del proceso de compostaje

Fuente: (Paul Rapson/Science Photo Library, 2012)

- **Etapa de Enfriamiento:** al producirse escasos de nutrientes y energía la actividad de los microorganismos termofílicos disminuye, consecuentemente la temperatura en la pila desciende desde los 75°C hasta la temperatura ambiente, provocando la muerte de los anteriores y la reaparición de microorganismos mesofílicos al pasar por los 40, cabe indicar que estos dominarán el proceso hasta que toda la energía sea utilizada



Figura 13-1 Hongo indicador de la fase mesófila I

Fuente: (Martínez, CATA-USM, 2013)

- **Etapa de maduración:** Aquí la temperatura y pH se estabilizan, actúan los actinomicetos y se producen reacciones de condensación y polimerización de los compuestos carbonados resultantes que conllevan al establecimiento de sustancias como ácidos húmicos y fúlvicos, a su vez los macroorganismos como nemátodos, rotíferos, escarabajos, lombrices etc, incrementan su actividad rompiendo físicamente los materiales incrementando el área superficial.

La característica ideal del producto final suele ser el color negro o marrón oscuro, presentar olor a tierra de bosque y la ausencia de los residuos iniciales.

1.3.2 Factores que condicionan el proceso de compostaje.

Entre el proceso de compostaje y el de descomposición natural existe una gran diferencia la cual radica en el hecho de que el hombre controla las condiciones para la descomposición de la materia orgánica.

Al llevar un control sobre ciertos parámetros dentro del proceso de compostaje se permite que los microorganismos puedan tener condiciones adecuadas para llevar a cabo un trabajo de una forma más eficiente lo cual ayuda a reducir el tiempo que se tarda en producir el compost.

Los factores más importantes dentro del proceso de compostaje son los siguientes:

- Temperatura.
- Humedad.
- Aireación.
- pH.
- Tamaño de partícula.
- Microbiota.
- Relación C: N

1.3.2.1 Temperatura.

La temperatura va a depender mucho de la fase en la cual se encuentre el proceso. Un proceso de compostaje inicia con una temperatura ambiente y puede llegar a subir hasta unos 65 °C sin necesidad de algún instrumento, esta alza de la temperatura se da gracias a la actividad microbiana en acción y así mismo como se elevó la temperatura al final del compostaje bajará hasta quedar en una temperatura ambiente.

Se tiene que cuidar de que la temperatura no decaiga bruscamente ya que esto significaría la pérdida de microorganismos benéficos, además también el mantener una temperatura estable ayuda a eliminar patógenos.

Cuando se tienen temperaturas que están por debajo de los 35 °C es posible que sea por tres posibles razones y éstas pueden ser las siguientes:

- Humedad insuficiente.
- Material insuficiente.
- Déficit de nitrógeno o baja relación de C:N

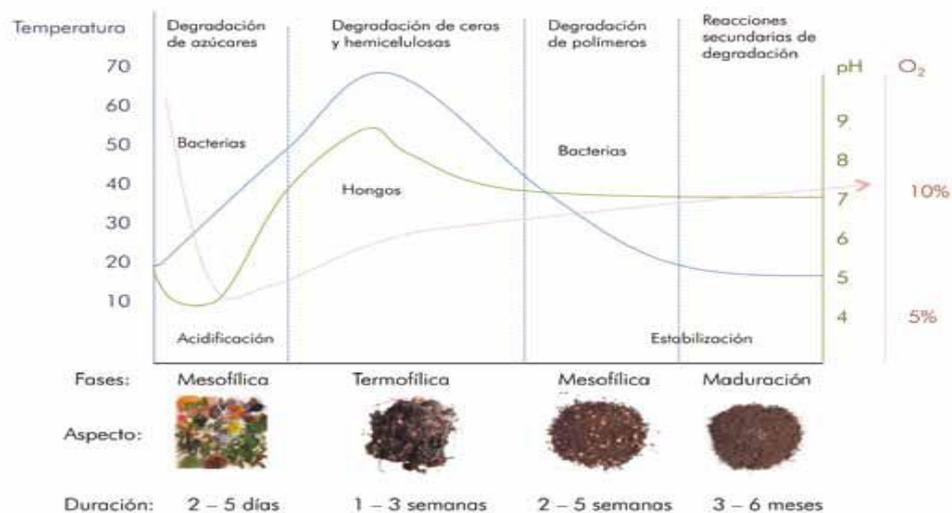


Figura 14-1 Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje
Fuente: (P. Román, FAO, 2013)

1.3.2.2 Humedad.

Este parámetro constituye un rol vital en el proceso de compostaje debido a que la presencia de agua es indispensable para cubrir las necesidades fisiológicas de los microorganismos, constituye el medio de transporte de sustancias solubles que sirven de nutrientes para la microbiota y de los productos de desecho que se formaron durante el proceso. (Moreno & Mormeneo, 2007, pp. 96-97)

La humedad adecuada para un proceso de compostaje es del 55% al 60%, si la humedad baja por debajo de los 45%, disminuye la actividad microbiana por la falta de agua; por otra parte se la humedad sobrepasa el 60% el agua saturara los poros e interferirá en la oxigenación de todo el material en proceso de compostaje.

Una forma sencilla y práctica de controlar la humedad del compostaje es la del puño, basta con coger en la mano un puñado de la materia que se está compostando y apretar así de esta forma una humedad adecuada permitirá que al apretar el material solo se desprendan unas cuantas gotas de agua y no un chorro.

Al tener una humedad baja la actividad de los microorganismos disminuye considerablemente y con ello disminuye también la temperatura. La solución sería humedecer aún más la pila de compostaje.

1.3.2.3 Aireación.

Es un parámetro muy relevante en el proceso ya que facilita la movilidad de oxígeno en la composta lo cual ayuda a favorecer el metabolismo de respiración aerobia, que a la vez liberan dióxido de carbono (CO₂) a la atmosfera. Además con ello se evita que el material orgánico se compacte. Se tiene que las necesidades de oxígeno varían durante el proceso, siendo así la fase termofílica en la que mayor tasa de consumo se requiere. (Román, Martínez & Pantoja, 2013, pp. 25-26)

En volúmenes pequeños es mucho más fácil realizar actividades de volteo para airear la pila; pero cuando el volumen es considerable se necesitaría de maquinaria adecuada, cuando el volteo

no se realiza periódicamente da paso a fermentaciones del material orgánico y a la presencia de microorganismos anaeróbicos.

La mejor forma de saber que no existe una buena aireación es sin lugar a dudas la presencia de olores nauseabundos que son producidos por la respiración anaerobia, así que si no hay presencia de olores nauseabundos significa que la aireación que se le está realizando es la adecuada.

1.3.2.4 El pH.

El pH que presente el compostaje va a depender mucho del material que se esté compostando y conforme avanza el proceso también va variando su pH, el pH ideal va desde 4.5 a 8.5 dentro de este rango debe mantenerse un proceso de compostaje, en la primera fase del proceso su pH será ácido y esto se debe a la formación de los ácidos orgánicos.

En la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoniaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos a 7.

El pH define la supervivencia de los microorganismos y cada grupo tiene pH óptimos de crecimiento y multiplicación. La mayor actividad bacteriana se produce a pH 6,0- 7,5, mientras que la mayor actividad fúngica se produce a pH 5,5-8,0. El rango ideal es de 5,8 a 7,2.

A lo largo del proceso de compostaje, el pH va cambiando en función de los materiales iniciales, pero al final el compost maduro suele tener unos valores de pH bastante cercanos al neutro, aunque es muy difícil en la práctica conseguir compost con un pH exactamente igual a 7. Casi siempre obtenemos valores que se apartan ligeramente de la neutralidad, unos tienden hacia la acidez, mientras otros lo hacen hacia la alcalinidad, en función de los materiales dominantes durante el proceso.

1.3.2.5 Tamaño de partícula

La actividad microbiana está relacionada con el tamaño de la materia orgánica a compostar, si las partículas son pequeñas, hay una mayor superficie específica, lo cual facilita el acceso al

sustrato. El tamaño ideal de la materia orgánica, para iniciar el proceso de compostaje está entre 5 a 20 cm.

La densidad del material, y por lo tanto la aireación de la pila o la retención de humedad, están estrechamente relacionados con el tamaño de la partícula, siendo la densidad aproximadamente 150 -250 kg/m³, conforme avanza el proceso de compostaje, el tamaño disminuye y por tanto, la densidad aumenta, 600-700 kg/m³.

El tamaño del materia a tratar puede ser reducido mediante la utilización de picadoras de materia orgánica que estén calibradas para picar el material a la medida que sea necesaria, así se obtendrá materia orgánica lista para ser tratada de tamaño uniforme.

Dados estos datos se recomienda dimensiones de pilas de compostaje que faciliten obtener condiciones adecuadas, por ende es aconsejable apilar residuos orgánicos a alturas comprendidas entre 1,5 y 2 metros a fin de favorecer el volteo, ancho de entre 1,5 y 3 metros. En cuanto a la longitud de la pila esta dependerá del área y del manejo.

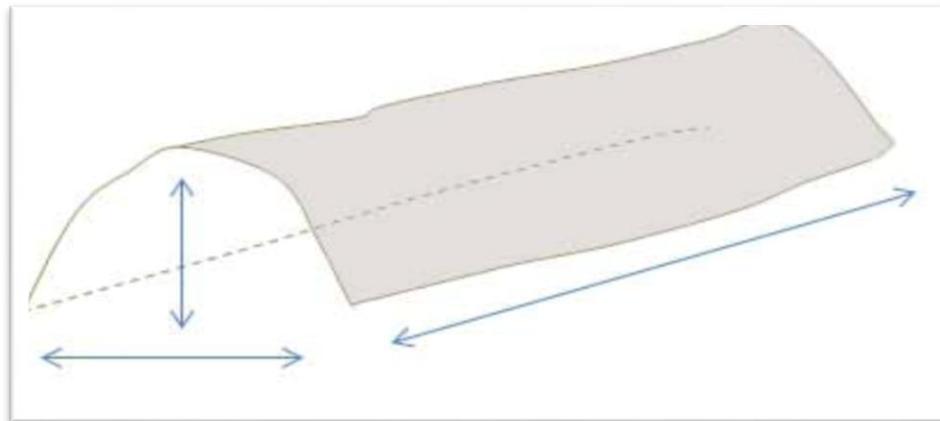


Figura 15-1 Dimensiones de una pila de compostaje para pequeño agricultor

Fuente: (P. Román, FAO, 2013)

1.3.2.6 *Microbiota*

Los microorganismos son un factor muy importante en todo el proceso de compostaje ya que de ellos depende la degradación de la materia orgánica. Las bacterias se encargan fundamentalmente de la descomposición de las proteínas y carbohidratos.

Cuando comienza el proceso de compostaje la pila se encuentra a temperatura ambiente, facilitando el desarrollo y la acción de la microbiana que descompone los hidratos de carbono y proteínas más fácilmente asimilables, esto produce un aumento de la temperatura que hace que a partir de los 40°C se desarrollen bacterias y sobre todo hongos termófilos.

Al aumentar la temperatura hasta los 70°C aparecen poblaciones actinomicetos y bacterias, el calor generado es menor al cedido por el ambiente, la temperatura disminuye dejando de nuevo paso a los organismos termófilos.

Las bacterias se distribuyen por toda la pila, en cambio los hongos y actinomicetos prefieren situarse a unos 5 – 15 cm de la superficie lo que da un aspecto blanquecino a esa zona de la pila.

En algunos estudios se ha realizado la inoculación de microorganismos a la pila, aunque no son factor limitante del proceso dado que se reproducen con facilidad y velocidad.

1.3.2.7 Relación C: N.

Estos dos elementos son indispensables para el proceso, la función del nitrógeno radica en el crecimiento microbiano ya que forma parte mayoritaria de proteínas estructurales, ácidos nucleicos, enzimas y coenzimas, por su lado el carbono constituye una fuente energética para el metabolismo.

Al arrancar el proceso esta relación se halla en torno a 25- 35, esto se logra mediante una buena mezcla de materias primas. Pero de cualquier forma esta relación se puede controlar a fin de conseguir un proceso adecuado.

El nitrógeno se convierte en factor limitante a valores de relación C/N elevados, lo que conlleva a una disminución de la actividad biológica. Aunque normalmente si el proceso fuera lento indicaría que la materia orgánica carbonatada es poco degradable y no que haya una deficiencia de nitrógeno.

La situación contraria, una relación C/N baja, no afecta realmente al proceso, pero produce malos olores por la producción de amoníaco por la pérdida de nitrógeno.

Se tiene que como producto del metabolismo microbiano aeróbico en las pilas de residuos se pierden material en forma gaseosa como CO_2 y H_2O . En cambio el nitrógeno permanece prácticamente constante, pasando de los residuos a los microorganismos y/o formando NO_2^- y NO_3^- , se producen pérdidas por lixiviación o escurrimiento de los componentes solubles y material suspendido, arrastrando C y N. La relación C: N más aconsejable está en el rango de 19:1 a 30:1 (Cariello, M., et al., 2007, pp. 26-37)

CAPITULO II

2 PARTE EXPERIMENTAL.

Este trabajo de investigación se llevó a cabo con la finalidad de demostrar que trabajando con un coctel de microorganismos nativos se puede acelerar el proceso de compostaje de materia orgánica, logrando obtener un compost de buenas características físico-químicas, listo para ser utilizado en cultivos o plantas ornamentales.

Para este trabajo se procedió a realizar la captura de microorganismos y para ello se colocaron trampas en sitios como: el relleno sanitario, montaña con bosque primario y un bosque de cañas de guadua; después se procedió a realizar pruebas de identificación de los microorganismos capturados, para esto se contó con la ayuda del personal de los laboratorios de la Estación Central de la Amazonia INIAP.

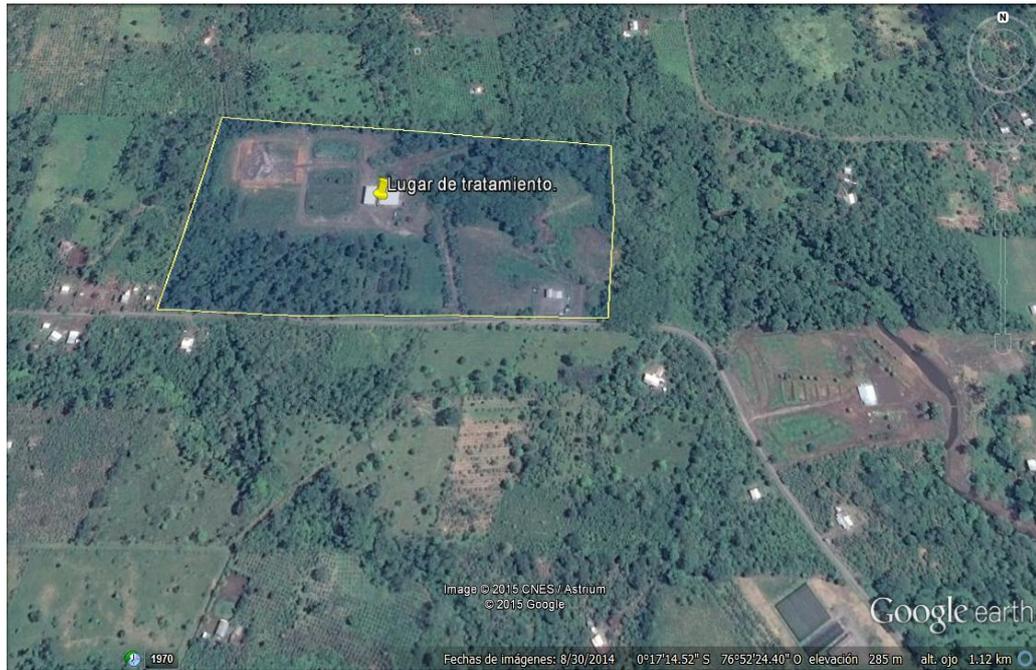
Una vez realizada la identificación se procedió a realizar el coctel microbiano y su respectiva activación, para de esta manera quedando listo el coctel, empezar el proceso de compostaje llevado a cabo en el relleno.

2.1. Localización de la investigación.

El relleno sanitario del cantón de la Joya de los Sachas se encuentra ubicado a 6 km del área urbana, vía a la comunidad Unión Bolivareense, a unos 200 metros de la granja integral del Municipio del cantón.

2.1.1. Coordenadas

- Latitud: 00°02'19.5"
- Longitud: 079°23'52.6"
- Altitud: 285 msnm
- Temperatura: 20 a 35°C.
- Precipitación promedio anual: 2000 a 3000 mm



Fotografía 1-2 Ubicación del Relleno Sanitario del Cantón de La Joya de los Sachas

Fuente: (P. Vega, 2015)

2.1.2. Topografía del terreno

Las características del terreno donde se encuentra el relleno sanitario tiene en un 60 % área plana y el 40% área quebradiza llegando la pendiente a superar el 60%, esto debido a la presencia de un rio llamado Sacha 7, ubicado a 372.67 metros de distancia del sitio de canchones del relleno sanitario.

2.2. Descripción del proceso de la investigación.

La investigación es correlacional, ya que se busca conocer la relación o grado de asociación entre las variables independientes (géneros microbianos y factores ambientales) frente la variable dependiente “tiempo de degradación de los residuos orgánicos”

Se trata de un diseño cuasi-experimental con tres tratamientos y un grupo de control, se lo representa a continuación:

Tabla 1-2 Grupos de tratamiento

RG1	01	-	02
RG2	01	X1	02
RG3	01	X2	02
RG4	01	X3	02

Realizado por:(Vega, P, 2015)

Dónde:

R Asignación al azar o aleatoria.

G Grupo de sujetos (G1, grupo 1; G2, grupo 2).

X Tratamiento, estímulo o condición experimental (presencia de algún nivel o modalidad de la variable independiente).

X1 EM 1500 ml 16200000 UFC

X2 EM 1000 ml 13230000 UFC.

X3 EM 500 ml 10050000 UFC.

Una medición de los sujetos de un grupo

0 es la ausencia de estímulo (nivel “cero” en la variable independiente). Indica que se trata de un grupo de control o testigo.

Las diferentes actividades propuestas para cumplir con los objetivos de la investigación fueron las siguientes:

2.2.1. Elaboración de trampas para captura de microorganismos nativos.

Para iniciar con la investigación lo primero que se realiza es la selección de los sitios en donde se colocaron trampas de captura de microorganismos nativos; para esto se seleccionaron tres

lugares diferentes: relleno sanitario, bosque de guadua, bosque primario que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2.2. Coordenadas geográficas de los sitios de captura.

Sitio.	Longitud	Latitud	Altitud (msnm)
Relleno sanitario.	17 M 678292	9995715	285
Bosque Primario	18 M 0298940	9967455	291
Bosque de Guaduas.	18 M 0299257	9968069	270

Realizado por: Vega, P. 2015

Estos tres sitios fueron seleccionados como idóneos para la captura debido a que sus características son las indicadas, cuando un bosque y suelo están en relación benéfica mutua, la tabla 2.2 muestra las coordenadas y altitudes de los tres sitios, siendo el primero un caso especial, se colocaron trampas en este sitio con la finalidad de recolectar microorganismos que ya están totalmente adaptados a las condiciones del lugar en donde se llevó el experimento.

Para la captura de microorganismos nativos existen técnicas ya preestablecidas que debemos seguir como es la técnica de captura de microorganismos eficaces, cuyo nutriente inicial es arroz pre-cocido y después de su captura viene su proliferación y empleo de los mismos en los procesos que se desee utilizar, para esto debemos seguir los siguientes pasos:

- Contar con todos los materiales y sustancias necesarias para la preparación del nutriente a utilizarse para su captura.
- Identificar el área donde se va a realizar la captura.
- Colocación de trampas para su captura.
- Cosecha de los microorganismos.
-

2.2.1.1. Ingredientes a utilizarse en la preparación de las trampas de captura.

Para elaborar el nutriente con el cual se llevó a cabo su captura se contó con los siguientes ingredientes.

- 3 kg de arroz blanco.
- 500 cc de agua.

Materiales para elaborar las trampas.

- 40 vasos desechables de 8 oz.
- Ligas de caucho
- Malla de tela cortadas en pequeños pedazos.
- Cucharas
- Olla de presión
- Fundas plásticas
- Balanza analítica

Procedimiento para realizar la preparación de las trampas.

- a) Cocinar el arroz durante un periodo aproximado de 10 a 15 minutos aproximadamente, procurando quede semi-cocido.
- b) Dejar enfriar para después pasar a colocar la cantidad de 132 gramos por cada vaso.
- c) Sellar con la malla de tela ajuntándolo con una liga de caucho

Colocar los vasos cerca de taludes húmedos y ubicando el nylon sobre la materia orgánica, permitiendo la colonización de los organismos en el sustrato. Se recomienda hacerlo a una profundidad de 30 cm removiendo un poco el mantillo y luego cubriéndolo con el mismo.

- d) Al cabo de 2 a 3 semanas se procede a desenterrar los vasos y se procede a almacenar el arroz impregnado de microorganismos descomponedores.

2.2.2. Captura de los microorganismos.

Es recomendable colocar las trampas en zonas con gran cobertura vegetal sana y bien desarrollada de preferencia arbustos y árboles, así como también depende del estudio que se esté realizando se debe colocar una cantidad determinada de trampas en el lugar que después se aplicará el cóctel microbiano y otra cantidad de trampas debe ser colocada en bosques de guadua, la coloración verde de los bosques son un indicativo de una excelente interacción de microorganismos-suelo. (Restrepo, 2001).

Las trampas fueron colocadas el 13 de junio del 2015 en tres sitios diferentes, se colocaron 50 trampas distribuidas de la siguiente manera:

Tabla 3.2 Número de trampas colocadas según el sitio

Lugar	N° de trampas
Relleno sanitario	15
Bosque primario	20
Bosque de Guadua	15

Realizado por (Vega. P, 2015)

Durante el tiempo que estuvieron en los tres sitios, fueron monitoreadas cada 5 días para verificar su estado, a partir del día 12 se empezó a ver cambios en el sustrato, pequeñas manchas coloridas, estas se presentan en todas las trampas inspeccionadas.

A los 18 días de haberlas colocadas, tuvieron que ser recogidas debido a que el sustrato estaba empezando a disminuir considerablemente y había la presencia de muchas coloraciones en él, normalmente la técnica dice 21 días, pero debido a las altas temperaturas de la zona el proceso se aceleró.

Una vez recolectadas solo queda empezar los análisis en el laboratorio para la respectiva identificación de las bacterias y hongos que se espera estén presentes en estas muestras.

2.2.3. Características físicas observadas en las muestras recolectadas

Contando con las muestras en el laboratorio se procedió a caracterizar las mismas, y se pudo observar las siguientes características de las muestras:

- a) Su volumen se redujo a menos de la mitad de un vaso desechable con capacidad de 220 ml.
- b) Su textura fue blanda.

- c) Tiene diferentes coloraciones como amarillo, verde oscuro, verde claro, blanco, rojillo y lila.
- d) Su aroma es como a fermentación.
- e) Algunas de ellas desprenden partículas flotantes.

Luego de la caracterización física se procedió a la identificación de los microorganismos presentes en las muestras.



Fotografía 2-1 Muestras recolectadas.
Fuente:(P. Vega.2015)

2.2.4. Identificación de microorganismos capturados

2.2.4.1. Identificación de hongos y levaduras, técnicas aplicadas

a. En Agar PDA (Agar de Dextrosa y Papa).

Con las muestras listas se procedió a preparar las cajas Petri a las cuales se le agregó agar PDA (Agar de Dextrosa y Papa), el mismo que permitió el crecimiento de levaduras y hongos, ya que el pH de 3.5 de este agar impide el crecimiento de bacterias. Se recomienda realizar la siembra a partir de la dilución 10^{-1} a 10^{-3} para hongos, 10^{-4} a 10^{-6} .

La incubación se realizó por 7 días a temperatura ambiente.

Se realizaron tres repeticiones en cada cultivo, según como se muestra en el diagrama 1.2

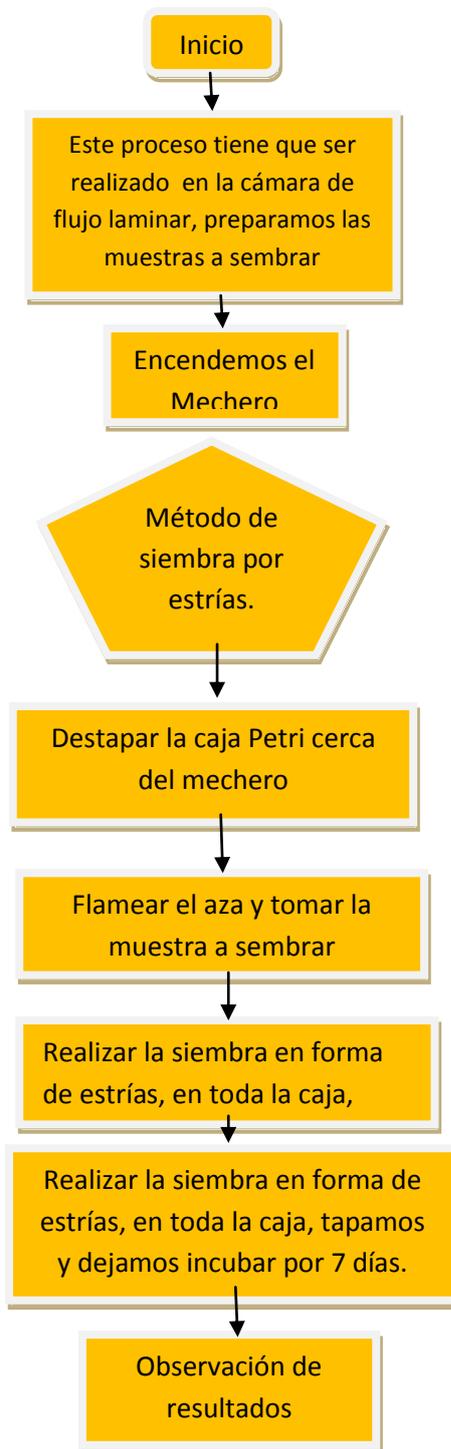
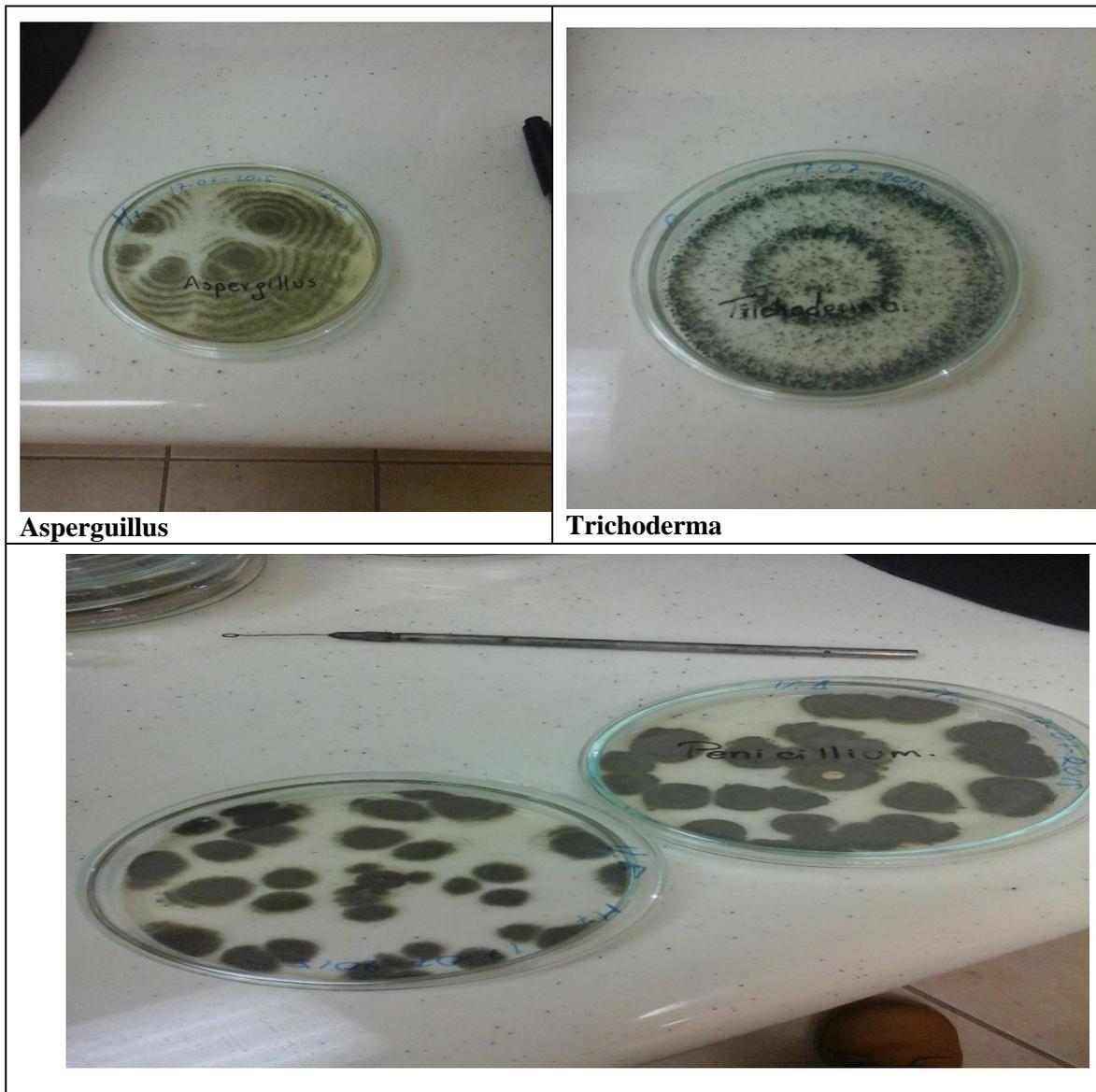


Diagrama 2.2 Pasos de siembra por estrías.

Fuente: (P.Vega.2015)



Aspergillus

Trichoderma

Fotografía 3-2 Resultados de la incubación.

Fuente: (P. Vega.2015)

- b. También se siembra otra muestra mediante la técnica de siembra en tubos de ensayo, a continuación se explica mediante la ilustración el procedimiento seguido.

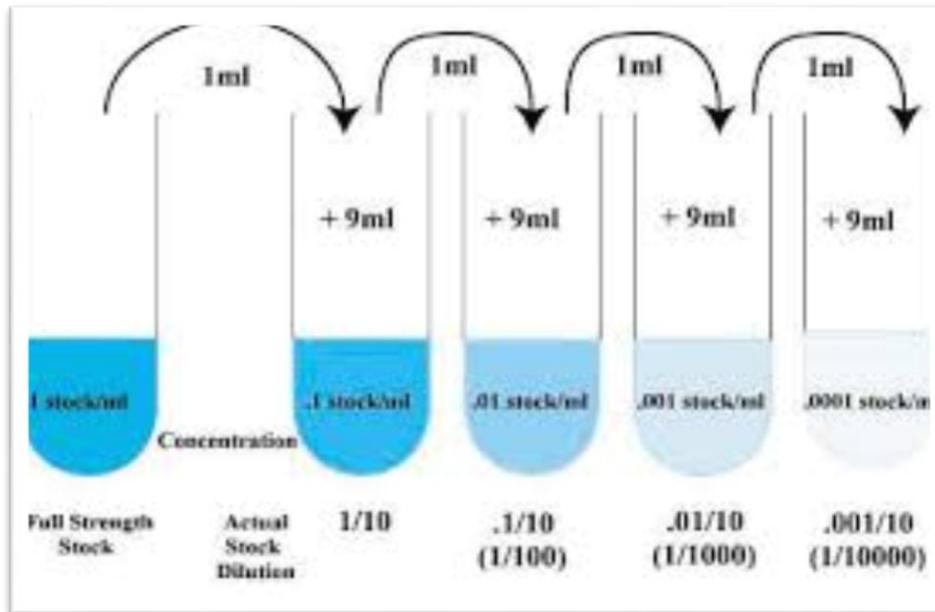


Figura 1-2 Siembra en tubos de ensayo

Fuente: (Tortora, J, 2007).

2.2.4.2. En la caracterización de los hongos y levaduras

La caracterización de los hongos se realizó mediante la comparación microscópica de especímenes frescos con ilustraciones de la guía del *Compendium of Soil Fungi* (Domsch, K et al 2007) empleando un poco de presión sobre la muestra con el cubreobjetos a fin de fraccionar ligeramente las esporas y posterior a ello se procede a observar las estructuras para identificarlas.

2.2.4.3. Caracterización morfológica

Para identificar estas características se emplea la metodología de Murray, P (2007) y Olivas, E (2001). Los principales aspectos comprenden:

- Forma: Puntiforme, circular, irregular, alargada, fusiforme, filamentosa, rizoide.
- Superficie: Lisa, rugosa, en anillos concéntricos.
- Elevación: plano, elevada, convexa, umbonada, umbilicada.
- Margen: entero, ondulado, lobulado, estrellado, filamentosos.

- Color: Según sea observado por la luz reflejada o por la luz transmitida, puede ser de color blanco, amarillo, rojo ladrillo, anaranjado.

2.2.4.4. Técnicas aplicadas en la identificación de bacterias

a. En agar Nutriente.

Se preparó agar nutriente para realizar siembra de las muestras con la finalidad de identificar bacterias, la siembra se la realizó con una aguja estéril, haciendo piquetes el al agar en diferentes ubicaciones.

Todo el proceso se lo realizó en la cámara de flujo laminar, cerca del mechero en todo momento.

Este tipo de agar contiene pluripectona que es la fuente de carbono y nitrógeno para el desarrollo bacteriano.

Se realizaron tres repeticiones de cada muestra.

Se deja en incubación de 4 a 6 días que es el tiempo que demoran las bacterias para empezar a crecer.

b. Tinción Gram

De acuerdo al protocolo expuesto por Parks (1997) se realizó lo siguiente:

- a) Se realizó un frotis: Tomando un asa estéril se tomó una pequeña muestra de una colonia bacteriana sobre un portaobjetos limpio e impregnado con una gota de solución salina (estéril) se distribuye, se deja secar al aire se fija pasando el portaobjetos en la flama del mechero (3 veces).
- b) Se añadió cristal violeta durante 1 minuto, decantar y enjuagar con agua destilada.
- c) Volcando el portaobjeto se adicionó solución lugol durante 1 minuto, se decantó y enjuago con agua destilada.

- d) Posteriormente se lavó con alcohol por goteo durante 20 segundos.
- e) Se trató con safranina durante 1 minuto; se lavó con agua abundante, se secó al aire.
- f) Se observó con el lente de inmersión (100x).

2.2.5. Análisis de bioquímico de los aislados bacterianos

2.2.5.1. Prueba de la Catalasa

Para esta prueba sencilla se procedió según la metodología de Madigan et al. (2003) donde se tiene el siguiente procedimiento:

- Recoger una colonia pura con la ayuda de un asa de siembra.
- Se agregó con una pipeta Pasteur una gota de H₂O₂ al 30% sobre el microorganismo sin mezclarlo con el cultivo.
- Finalmente se observó la formación inmediata de burbujas (el resultado fue positivo).

2.2.6. Procedimiento para activación de los microorganismos eficientes.

- a) Se licuó el contenido de los vasos y se depositó en un balde agregándole un litro de agua más 4 kg de melaza diluida.
- b) Se colocó la mezcla anterior en un balde de veinte litros y se llena con agua sin cloro, se homogenizo, se tapó y se dejó reposar por ocho días, dejando abierta la llave para que los gases se evacuen para evitar que estalle.
- c) En el octavo día se vertió diez litros de la mezcla del balde anterior en otro balde cuya capacidad sea de veinte litros; se agregaron 250 gramos de levadura disueltos en 2 litros de agua, se añadió 5 kg de melaza diluida más un vaso de yogurt natural, más 250 gramos de salsa de soya y se dejó en condiciones anaeróbicas completar con agua sin cloro y se dejó fermentar por cinco a diez días abrir la llave diariamente para sacar los gases. A esta mezcla se le agregó melaza, yogurt cada 3 a 5 días con el fin de reproducir y alimentar los microorganismos eficientes (EM).

2.3 Trabajo de campo

2.3.1 Recolección de la materia orgánica a utilizarse.

Según datos del Departamento de Ambiente del GAD “Joya de los Sachas”, diariamente se están recolectando 19 toneladas de materia orgánica, aplicamos la fórmula que tenemos a continuación, tomando en cuenta una desviación estándar de 0.5, con un nivel de confianza del 95% que equivale a 1.96, con un límite de errores de 5% equivalente a 0.05 tendremos el valor de la muestra.

$$n = \frac{N * \sigma^2 * Z^2}{(N - 1) * (e)^2 + \sigma^2 * Z^2}$$

$$n = \frac{19000 * 0.5^2 * 1.96^2}{(19000 - 1) * (0.05)^2 + 0.5^2 * 1.96^2} = 376.56 \text{ kg}$$

En total se tomó 1506.24 kg de residuos orgánicos procedentes del Mercado Central del Cantón Joya de los Sachas, este volumen de residuos son seleccionados por el método de cuarteo, el cual consiste en tomar el montón de residuos, el cual se divide en cuatro partes y se escogen las dos partes opuestas para formar un nuevo montón más pequeño, se repite la operación escogiendo las dos porciones opuestas hasta obtener la muestra deseada.

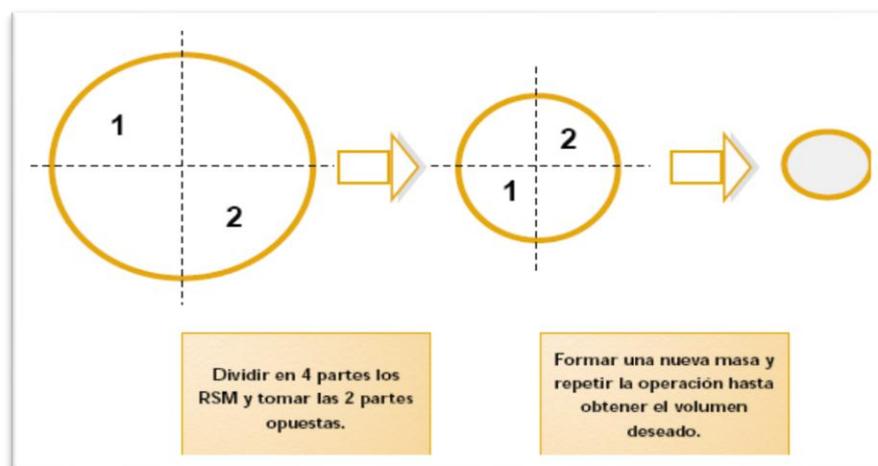


Figura 2-2 Método del cuarteo para extraer una muestra representativa de los RSM

Fuente: (Organización Panamericana de la Salud, 2007)

2.3.2. Aplicación del coctel.

A partir del tercer día se realizan las aplicaciones con cada una de las concentraciones descritas anteriormente en cada pila instalada mediante una bomba de fumigación, se la realizó cada tres días y así mismo el proceso de volteo de la materia orgánica.

Se aplicó diferentes concentraciones del cóctel microbiano para esto se realizó la siguiente dosificación: 500 ml, 1000 ml y 1500 ml de cóctel por bomba de 20 litros.

Tabla 4.2. Cantidades aplicadas de coctel de EM

Nomenclatura	UFC/mL	Volumen (mL)
EM1	16200000	1500
EM2	13230000	1000
EM3	10050000	500

Realizado por: (Vega, P, 2015)

2.3.2 Pasos seguidos para la elaboración del compost.

Externamente, el proceso de compostaje dependerá en gran medida de las condiciones ambientales, el método utilizado, las materias primas empleadas, y otros elementos, por lo que algunos parámetros pueden variar. No obstante, éstos deben estar bajo vigilancia constante para que estén siempre dentro de un rango óptimo. Según el manual de compostaje del agricultor, elaborado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) se debe cumplir con parámetros como:

- **Oxigenación.**

El compostaje es un proceso aerobio y se debe mantener una aireación adecuada para permitir la respiración de los microorganismos, liberando a su vez, dióxido de carbono (CO₂) a la atmosfera. Así mismo, la aireación evita que el material se compacte o se encharque. Las necesidades de oxígeno varían durante el proceso, alcanzando la mayor tasa de consumo durante la fase termofílica. (Román, Martínez & Pantoja, 2013, p.59-60).

Según la FAO La saturación de oxígeno en el medio no debe bajar del 5%, siendo el nivel óptimo el 10%. Un exceso de aireación provocaría el descenso de temperatura y una mayor pérdida de la humedad por evaporación, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua. Las células de los microorganismos se deshidratan, producen esporas y se detiene la actividad enzimática encargada de la degradación de los diferentes compuestos. Por el contrario, una baja aireación, impide la suficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis. Se producen entonces malos olores y acidez por la presencia de compuestos como el ácido acético, ácido sulfhídrico (H₂S) o metano (CH₄) en exceso.

o **Humedad.**

La humedad es un parámetro estrechamente vinculado a los microorganismos, ya que, como todos los seres vivos, usan el agua como medio de transporte de los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular. En la siguiente tabla se muestra los rangos óptimos.

Tabla 5-2 Rangos óptimos de humedad

Porcentaje de humedad	Problema		Soluciones
<45% Humedad	insuficiente	Puede detener el proceso de compostaje por falta de agua para los microorganismos	Se debe regular la humedad, ya sea proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (restos de fruta y verduras, césped, purines u otros)
45% - 60% Rango ideal			
>60%	Oxígeno insuficiente	Material muy húmedo, el oxígeno queda desplazado. Puede dar lugar a zonas de anaerobiosis	Volteo de la mezcla y/o adición de material con bajo contenido de humedad y con alto valor en carbono, como serrines, paja u hojas secas

Fuente: (Manual de compost para el agricultor FAO)

○ **Temperatura.**

La temperatura tiene un amplio rango de variación en función de la fase del proceso. El compostaje inicia a temperatura ambiente y puede subir hasta los 65°C sin necesidad de ninguna actividad antrópica (calentamiento externo), para llegar nuevamente durante la fase de maduración a una temperatura ambiente. Es deseable que la temperatura no decaiga demasiado rápido, ya que a mayor temperatura y tiempo, mayor es la velocidad de descomposición y mayor higienización. (Román, Martínez & Pantoja, 2013, p.60-61).

A continuación se detallan estos rangos:

Tabla 6-2 Rangos óptimos de temperatura.

Temperatura(°C)	Causas asociadas		Soluciones
Bajas Temperaturas (T° ambiente < 35°C)	Humedad insuficiente.	Las bajas temperaturas pueden darse por varios factores, como la falta de humedad, por lo que los microorganismos disminuyen la actividad metabólica y por tanto, la temperatura baja.	Humedecer el material o añadir material fresco con mayor porcentaje de humedad (restos de fruta y verduras, u otros)
	Material Insuficiente	Insuficiente material o forma de la pila inadecuada para que alcance una temperatura adecuada.	Añadir más material a la pila de compostaje.
	Déficit de nitrógeno o baja C:N.	El material tiene una alta relación C: N y por lo tanto, los microorganismos no tienen el N suficiente para generar enzimas y proteínas y disminuyen o ralentizan su actividad. La pila demora en incrementar la temperatura más de una semana	Añadir material con alto contenido en nitrógeno como estiércol.
Altas temperaturas (T ambiente >70°C)	Ventilación y humedad insuficiente	La temperatura es demasiado alta y se inhibe el proceso de descomposición. Se mantiene actividad microbiana pero no la suficiente para activar a los microorganismos mesófilos y facilitar la terminación del proceso.	Volteo y verificación de la humedad (55-60%). Adición de material con alto contenido en carbono de lenta degradación (madera, o pasto seco) para que ralentice el proceso.

Fuente: (Manual de compost para el agricultor FAO

○ **pH.**

El pH del compost depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso (desde 4.5 a 8.5). En los primeros estadios del proceso, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoniaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro.

A continuación se detalla los rangos óptimos.

Tabla 7-2 Rangos óptimos de pH.

pH	Problema		Soluciones
<4,5	Exceso de ácidos orgánicos	Los materiales vegetales como restos de cocina, frutas, liberan muchos ácidos orgánicos y tienden a acidificar el medio.	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C:N.
4,5 – 8,5 Rango ideal			
>8,5	Exceso de nitrógeno	Cuando hay un exceso de nitrógeno en el material de origen, con una deficiente relación C:N, asociado a humedad y altas temperaturas, se produce amoniaco alcalinizando el medio	Adición de material más seco y con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)

Fuente: (Manual de compost para el agricultor FAO)

Los parámetros de temperatura, humedad y pH fueron controlados en campo, para esto se empleó un equipo de campo llamado multi parámetro.

El tratamiento inicio el día 28 de julio del 2015 y concluyo el 9 de octubre del 2015.

2.4. Análisis del suelo en el laboratorio.

Los análisis de suelo se llevaron a cabo en el laboratorio de suelos de la estación central de la amazonia INIAP, para lo cual se siguieron técnicas de análisis de suelos estandarizados, los mismos que se ven reflejados en los resultados.

Por cada tratamiento se realizaron cuatro análisis con intervalos de 15 días aproximadamente, esto para conocer y monitorear los avances del proceso de compostaje.

CAPITULO III

3. CÁLCULOS, ANÁLISIS Y RESULTADOS

3.2. Resultados de los análisis de la identificación de los microorganismos.

Después de haber realizado las siembras correspondientes para conocer qué tipo de microorganismos están presentes en las muestras se encontraron las siguientes:

Tabla 1-3 Resultados obtenidos

Hongos	
N°	Género
1	<i>TRICHODERMA</i>
2	<i>ASPERGUILLUS</i>
3	<i>PENICULLUM</i>
Bacterias	
1	<i>RHODOPSEUDOMONA SPP</i>
2	<i>LACTOBACILLUS SPP</i>
3	<i>PSEUDOMONAS STUTZERI</i>
4	<i>BACILLUS</i>
5	<i>ACTINOMYCETES</i>

Realizado por : (Vega. P, 2015)

3.2. Resultados de trabajos de campo.

3.2.1. Mediciones de parámetros en campo.

Para las mediciones que se realizaron en campo en especial la de temperatura y pH, se decidió en base al proceso del compost tomarlas cada tres días, llegando a tomar 25 mediciones por tratamiento durante todo el proceso, en total fueron 100 mediciones de temperaturas y 100 de pH, estas fueron medidas con un multiparámetro.

Para el factor de humedad se lo hizo de forma visual, con la técnica del puño cerrado.

3.2.1.2. *Control de la humedad en los tratamientos.*

La humedad del compost es uno de los factores determinantes ya que si no tenemos una humedad superior a 45%, el proceso de compost se detiene, y si la humedad pasa del 65% se puede dar lugar a microorganismos anaerobios por lo tanto la materia orgánica en lugar de descomponerse vendría a podrirse, sin embargo con la técnica del puño se puede verificar la humedad del compost y tomar medidas correctivas en caso de ser necesario.



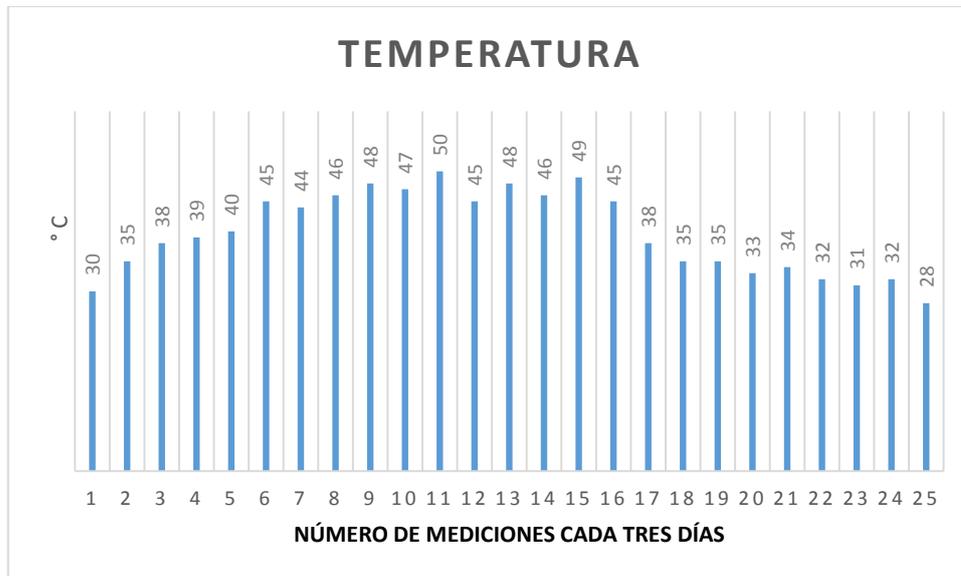
Figura 1-3 Técnica del puño cerrado para determinar la humedad
Fuente: http://www.bortziriazabor.com/es/centro_resid_com.htm

3.3.1.3 *Mediciones de temperatura y pH*

Tratamiento de la dosis de 500 ml de cóctel

A continuación se muestran ilustraciones y tablas con resultados de medición de temperatura y pH correspondiente a la concentración de 500 ml/bomba de 20 litros de agua.

Medición de temperatura.



Gráfica 1-3 Cambio de temperatura durante el proceso de compostaje con la concentración 500 ml de cóctel

Realizado por :(Vega. P, 2015)

Análisis de los resultados

Se realizaron veinticinco mediciones de temperatura en campo y como muestra la ilustración, en la medición número 11 se alcanza un valor de 50 °C, esto es aproximadamente en el día 33 de los 74 que duró el tratamiento, a partir de este día se puede observar que la temperatura empieza a bajar, esto tiene lógica, ya que en un inicio los microorganismos aplicados a la materia orgánica en el proceso de compost empiezan a consumirla y por lo tanto se da un crecimiento microbiano y la temperatura también se incrementa, esto significa que hay actividad microbiana y cuando la temperatura baja, la actividad microbiana también ha cesado por lo tanto el proceso está llegando a su final.

Con este tratamiento se registró una temperatura promedio de 39.7 °C, así mismo se calculó la mediana dando como resultados 39 lo que significa que la mitad de las temperaturas registran valores superiores a 39 °C y la otra mitad valores inferiores a este valor, por otro lado tenemos la desviación estándar que fue de 6.9 y la varianza fue de 47.5, con lo cual se puede decir que la temperatura se desvía de 39.7 °C en un promedio de 6.9 °C.

Medición de pH.

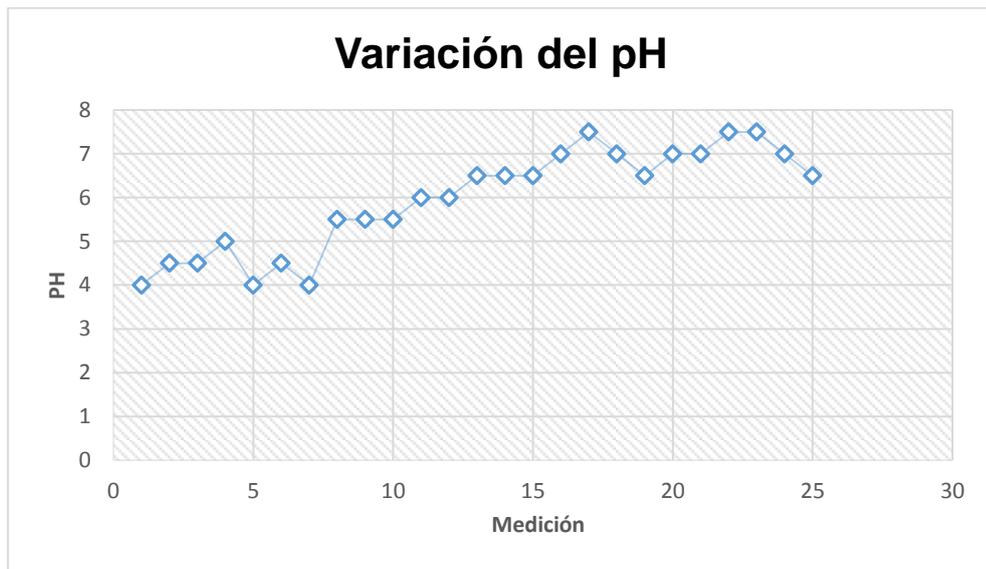


Gráfico 2-3 Variación del pH en el transcurso de los días.

Realizado por:(Vega. Patricio, 2015)

Análisis

El parámetro de pH según nos muestra la gráfica comienza siendo ácido y termina siendo básico, esto se debe a que no hay descomposición de materia orgánica.

Con este tratamiento se registró un pH promedio de 5.9, siendo relativamente ácido, así mismo se calculó la mediana dando como resultados 6.5 lo que significa que la mitad de los valores de pH son superiores a 6.5 y la otra mitad inferiores a este valor, por otro lado tenemos la desviación estándar que fue de 1.2, con lo cual se puede decir que el pH se desvía de 5.9 en un promedio de 1.2.

Tratamiento de la dosis de 1000 ml de cóctel

A continuación se muestran ilustraciones y tablas con resultados del tratamiento correspondiente a 1000 ml/ bomba de 20 litros.

Medición de temperatura.

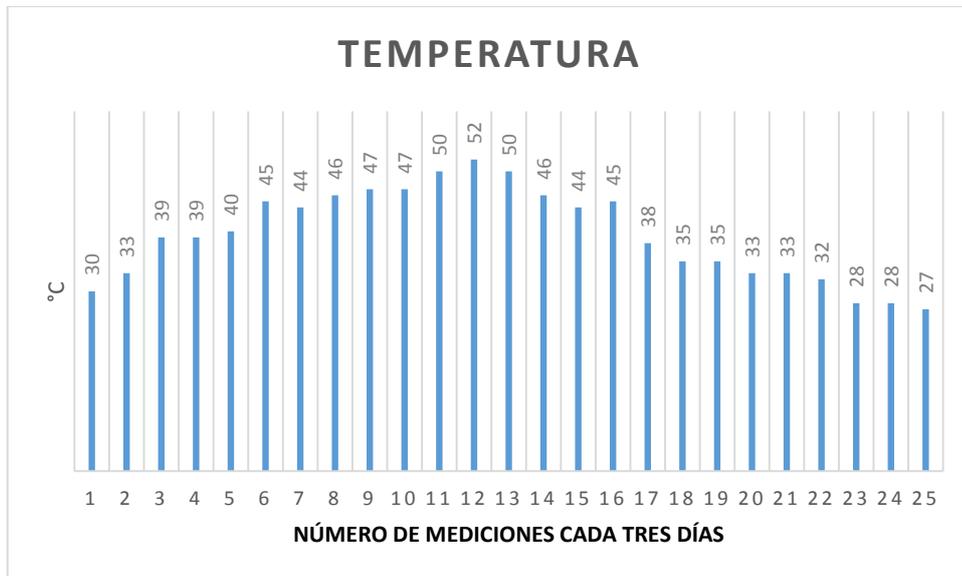


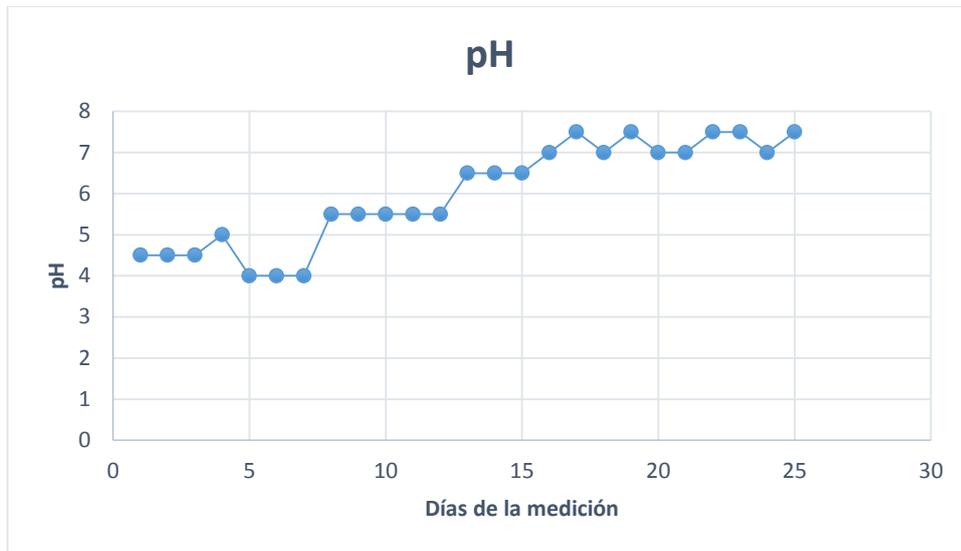
Gráfico 3-3 Variación de temperatura en el transcurso de los días.
Realizado por: (Vega. Patricio, 2015)

Análisis

En la gráfica se puede observar que la tendencia de la temperatura a incrementarse y alcanzar un pico máximo se mantiene.

Con este tratamiento se registró una temperatura promedio de 39.4 °C, por otro lado tenemos la desviación estándar que fue de 7.7 con lo cual se puede decir que la temperatura se desvía de 39.4°C en un promedio de 7.7 °C.

Medición de pH.



Gráfica 4-3 Variación del pH en el transcurso de los días.
Realizado por:(Vega. Patricio, 2015)

Análisis

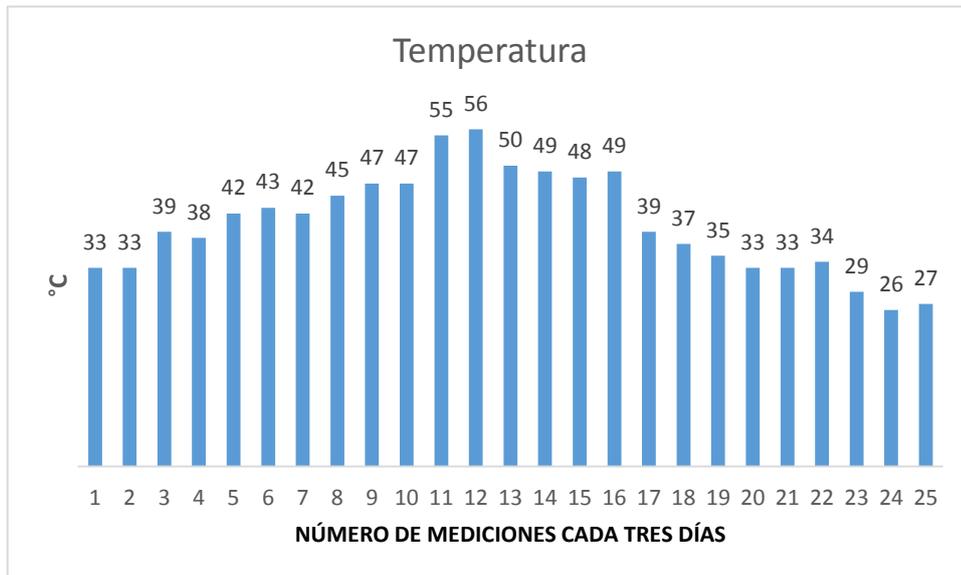
En el comportamiento del pH se puede notar que hasta la tercera lectura el pH va en aumento pero en la cuarta decae, luego continua con su incremento, llegando al final del tratamiento a ser ligeramente alcalino.

Con este tratamiento se registró un pH promedio de 6, siendo relativamente ácido, así mismo se calculó la mediana dando como resultados 6.5 lo que significa que la mitad de los valores de pH son superiores a 6.5 y la otra mitad inferiores a este valor, por otro lado tenemos la desviación estándar que fue de 1.3 y la varianza fue de 1.6, con lo cual se puede decir que el pH se desvía de 6 en un promedio de 1.3.

Tratamiento de la dosis de 1500 ml de cóctel

A continuación se muestran ilustraciones y tablas con resultados del tratamiento correspondiente a 1500 ml/ bomba de 20 litros.

Medición de temperatura.



Gráfica 5-3 Variación de temperatura en el transcurso de los días.
Realizado por:(Vega. Patricio, 2015)

Análisis

Como se puede observar el comportamiento de la curva de temperatura es similar al de los otros tratamientos empezando en unos 33°C para llegar a un pico máximo de 56°C y mantenerse por unos días y luego empezar el descenso, para al final del tratamiento regresar a temperatura ambiental.

Con este tratamiento se registró una temperatura promedio de 40.4 °C, se calculó la mediana dando como resultado 39 °C lo que significa que la mitad de las temperaturas registran valores superiores a 39°C y la otra mitad valores inferiores a este valor, por otro lado tenemos la desviación estándar que fue de 8.4 con lo cual se puede decir que la temperatura se desvía de 40.4 °C en un promedio de 8.4 °C.

Medición de pH.

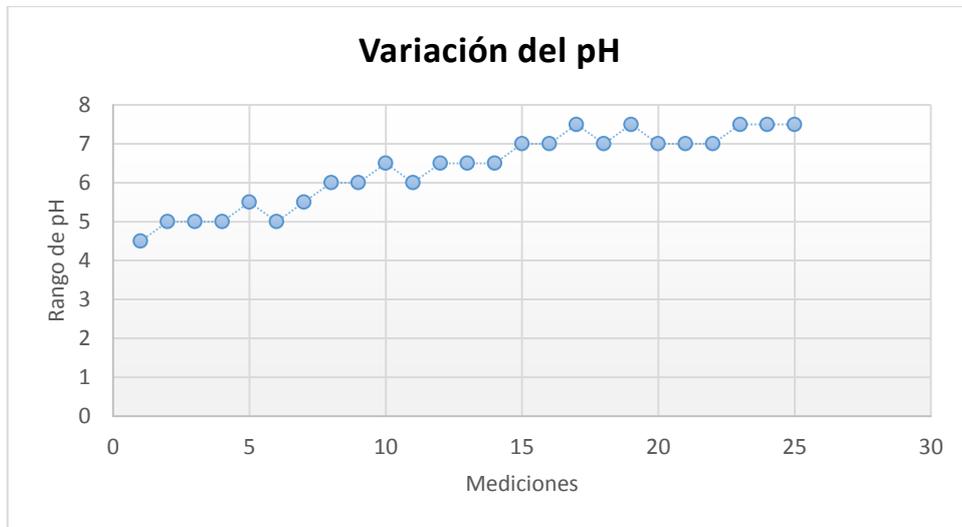


Gráfico 6-3 Variación del pH en el transcurso de los días.

Autor:(Vega. Patricio, 2015)

Análisis

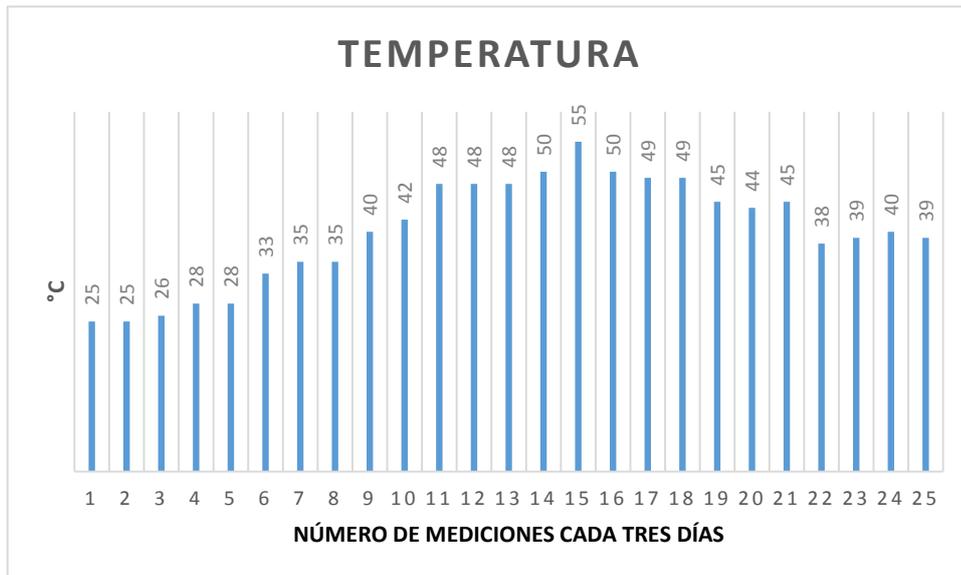
En el comportamiento del pH se puede notar que tiene tendencia a incrementarse pues empieza en 4.5 que es ligeramente ácido y la curva se mantiene en crecimiento hasta el final llegando a culminar el tratamiento con un pH medido en campo de 7.5 que es ligeramente alcalino.

Con este tratamiento se registró un pH promedio de 6,4 con tendencia a neutro, la desviación estándar que fue de 1 y la varianza fue de 0.9, con lo cual se puede decir que el pH se desvía de 6,4 en un promedio de 1.

Resultados testigo.

A continuación se muestran ilustraciones y tablas con resultados del tratamiento correspondiente al testigo.

Medición de temperatura.



Gráfica 7-3 Variación de temperatura en el transcurso de los días.
Autor:(Vega. Patricio, 2015)

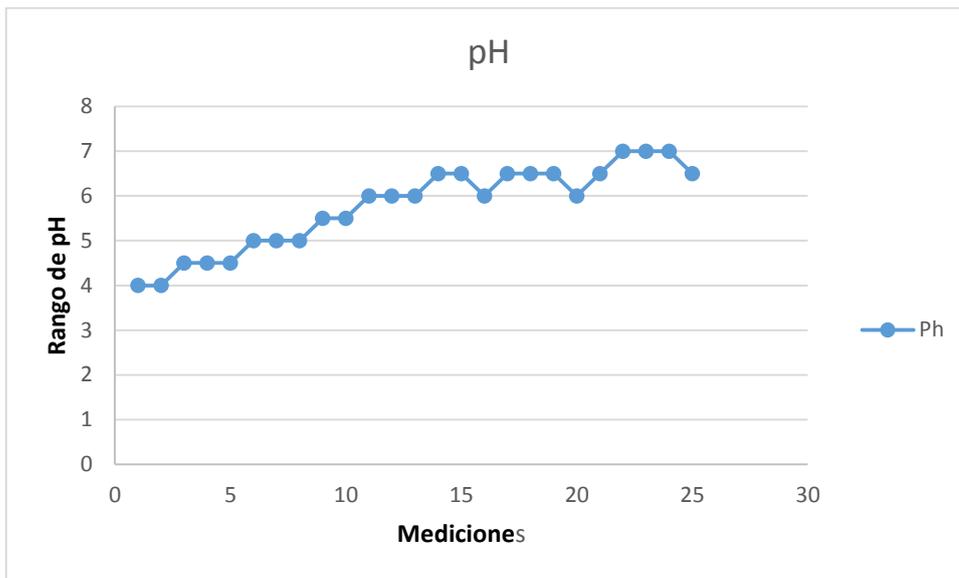
Parámetros medidos.

Análisis

Se puede observar que el comportamiento de la curva de temperatura tiene tendencia a incrementarse pues empieza en unos 25°C para llegar a un pico máximo de 55°C y mantenerse por unos días y luego empezar el descenso, para al final del tratamiento nuevamente regresar a temperatura ambiental.

Con este tratamiento se registró una temperatura promedio de 40.2 °C, se calculó la mediana dando como resultado 40 lo que significa que la mitad de las temperaturas registran valores superiores a 40 °C y la otra mitad valores inferiores a este valor, por otro lado tenemos la desviación estándar que fue de 8.9 con lo cual se puede decir que la temperatura se desvía de 40.2 °C en un promedio de 8.9 °C.

Medición de pH.



Gráfica 8-3 Variación de pH en el transcurso de los días.

Autor:(Vega. Patricio, 2015)

Parámetros medidos.

Análisis

En el comportamiento del pH se puede notar que tiene tendencia a incrementarse pues empieza en 4 que es ligeramente ácido y la curva se mantiene en crecimiento hasta el final llegando a culminar el tratamiento con un pH medido en campo de 6.5 que es ligeramente alcalino.

Con este tratamiento se registró un pH promedio de 5.8, siendo relativamente ácido, así mismo se calculó la mediana dando como resultados 6 lo que significa que la mitad de los valores de pH son valores superiores a 6 y la otra mitad valores inferiores a este valor, por otro lado tenemos la desviación estándar que fue de 1 y la varianza fue de 0.9 con lo cual se puede decir que el pH se desvía de 5.8 en un promedio de 1.

3.3. *Resultados de la calidad del compost.*

Los análisis de laboratorio para cada tratamiento arrojaron los siguientes resultados finales.

Tabla 2-3 Resultados de la composición del compost.

Parámetro	Tratamientos			
	A1 500 ml	A2 1000 ml	A3 1500 ml	TESTIGO
pH	7.7	7.5	7.2	7.3
C:N	1.73	2.33	3.8	1.42
M.O	5.5	5.9	6.8	5
N Total g/100g (%)	1.3	1.2	0.4	1.5
P g/100g (%)	0.4	0.45	0.55	0.5
K g/100g (%)	2.9	2.5	2.3	3
Ca g/100g (%)	2	2.2	2.5	1.8
Mg g/100g (%)	0.7	0.85	0.85	0.65
C.O g/100g (%)	3.3	3.5	4	3
Zn g/100g (%)	61.64	68.65	69.55	59.48
Cu mg/kg (ppm)	25.55	45.78	33.15	22.15
Fe mg/kg (ppm)	421	5480	495.35	41.51
Mn mg/kg (ppm)	185.8	268.9	211.1	128.1
B mg/kg (ppm)	46.38	42.5	66.06	42.1

Autor:(Vega. Patricio, 2015)

Interpretación del resultado

Por la lectura e interpretación de los datos de resultados de la calidad del compost según el tratamiento y la concentración, se puede llegar a determinar que la concentración de los microorganismos en el cóctel si influye en la aceleración de la degradación de la materia orgánica durante todo de compostaje, esto se pudo observar en campo y lo confirma los resultados de los análisis de laboratorio que nos muestran una composición de este compost apta para cultivo de plantas, cuenta con los nutriente necesarios en las cantidades idóneas y además con un pH del suelo que va a permitir que la planta los pueda absorber y que no se bloquee por acidez del suelo.

En las tres concentraciones de los tres tratamientos se aceleró el proceso de compostaje siendo el de mejor calidad el de volumen 1500 ml llegando a estar listo a los 68 días, pero fue cosechado a los 74 días, seguido por el de 1000 ml y después el de 500 ml, los dos estuvieron listos a los 74 días y fueron cosechados ese mismo día, y por último el testigo que mostró ser más lento en el proceso, es por ello que sus resultados no son los esperados a los 74 días sin embargo se tomaron muestras para su respectivo análisis hasta esa fecha.

CONCLUSIONES

- Se lograron identificar 8 géneros diferentes de microorganismos entre hongos y bacterias estos son: *Trichoderma* ssp, *Aspergillus* ssp, *Penicillium* ssp, *Rhodopseudomonas* spp, *Lactobacillus* ssp, *Pseudomonas* Stutzeri, *Bacillus* y *Actinomycetes*, cada uno de estos géneros cumplen funciones que ayudan a la descomposición de la materia orgánica, además algunos de ellos pueden contrarrestar a microorganismos perjudiciales como es el caso de *Trichoderma* que puede inhibir la monilla en cacao.
- Se comprobó que los microorganismos nativos son eficiente en la degradación de la materia orgánica en el proceso de compostaje, ya que redujo a 60 días la obtención de compost, tiempo que con el método normal demora 180 días, además los volteos constantes antes de que los tratamientos sobrepasen la temperatura de los 65 °C, ayudaron para que trabajo de los microorganismos aceleren el proceso.
- La calidad del compost obtenido con los tratamientos es idónea para ser aplicada a cultivos con la finalidad de mejorar las características del suelo e incrementar la producción de las cosechas, además cabe señalar que el abono obtenido no contiene agentes patógenos que pudieran llegar a causar daños a la salud de las personas; todos los microorganismos aplicados en estos tratamientos tuvieron su fase de crecimiento y en esta fase la temperatura se elevó, esto es in indicativo de que hay trabajo por parte de los microorganismo, luego la temperatura se mantiene es decir entran en una fase estacionaria sin dejar de hacer su trabajo, como siguiente paso la temperatura disminuye hasta llegar a una temperatura ambiente con lo cual nos indica que ha cesado el trabajo de los microorganismos ya que no hay más sustrato para descomponer por lo tanto se da la fase de muerte de los microorganismos.

RECOMENDACIONES

- En el momento de la captura dejar bien protegidas las trampas, esto con la finalidad de evitar que sean dañadas o destruidas en los sitios en donde se las coloque, ya que esto puede atrasar a la captura de los microorganismos y lo que es aún más complicado retrasar toda la investigación.
- Utilizar la dosis de 1500 ml de cóctel microbiano por cada bomba de 20 litros de agua sin cloro, para aplicar a las pilas compost, esta concentración demostró ser la más adecuada para acelerar el proceso.
- Cuidar mucho parámetros como la temperatura, ya que si la temperatura disminuye por debajo de la temperatura ambiente se detiene todo el proceso y los microorganismos dejan de hacer su trabajo y por otro lado si la temperatura pasa de los 65 °C va a ocurrir la muerte de los microorganismos y también se va a detener el trabajo de los microorganismos pero esta vez por muerte de los mismos.
- Controlar que el compost tenga la humedad adecuada, ya que de la humedad dependerá que el proceso de compost no entre en un proceso de pudrición.
- Controlar cuidadosamente los volteos ya que esto permite regular la temperatura de las pilas y a su vez con esto se logra evitar la muerte de los microorganismos y por lo tanto se logra que sigan realizando su trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

ARÉVALO, L. *Degradación de residuos de cosecha de caña de azúcar*. [En línea]. Cali-Colombia Biblioteca Digital del Sector Agroindustrial de la Caña de Azúcar de Colombia, 2002. [Consulta: 12 diciembre 2015]. Disponible en:

<http://bibliotecadigital.cenicana.org:8080/handle/item/3562>

BARMAN, D; ET. al. “Isolation of Cellulytic Bacterial Strains from Soil for Effective and Efficient Bioconversion of Solid Waste”. *Life Sciences and Medicine Research*, [en línea], 2011, (India) 2011(25), pp. 1-7. [Consulta: 04 julio 2015]. Disponible en:

http://astonjournals.com/manuscripts/Vol2011/LSMR-25_Vol2011.pdf

BHARALI, P., KONWAR, B., & THAKUR, A. “Crude biosurfactant from thermophilic *Alcaligenes faecalis*: Feasibility in petro-spill bioremediation”. *Internation Biodeterioration & Biodegradation* [en línea], 2001. (India) 65(5), pp. 682-690. [Consulta: 04 julio 2015]. Disponible en:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ibiod.2011.04.001>

BERNAL, J; et.al. “Influencia de imanes permanentes en la variación de la materia orgánica y la actividad microbiana de tres enmiendas orgánicas”. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente* [en línea], 2004. (Colombia) 1(2), pp. 27-31. [Consulta: 05 abril 2015]. ISSN: 1692-9918. Disponible en:

<http://www.redalyc.org/pdf/2311/231117829005.pdf>

BÖRJESSON, T., STOLLMAN, U. & SCHNURER, J. “Volatile metabolites produced by six fungal species compared with other indicators of fungal growth on cereal grains”. *Appl. Environ. Microbiol* [en línea], 1992 (United State of America) 58 (48), pp. 2299-2605. [Consulta: 05 abril 2015]. PMID: PMC195827. Disponible en:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC195827/>

BONILLA, C. Notas Preliminares sobre Biología del Suelo. [En línea]. Palmira-Colombia. Impreso Universitario Universidad Nacional de Colombia, 1996. [Consulta: 04 abril 2015]. Disponible en:

<http://www.uneditorial.net/uflip/El-suelo-los-organismos-que-lo-habitan/index.html#/1/>

BOTERO, E; et. Al. Guía para el Manejo Integral de Residuos. [En línea]. Aburrá-Colombia. Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2008. [Consulta: 04 abril 2015]. Disponible en:

<http://www.metropol.gov.co/Residuos/Documents/Cartillas/inst%20educativas.pdf>

CARIELLO, M., CASTAÑEDA, L., RIOBO, I. & GONZALEZ, J. Nutrientes del suelo. [En línea]. Antioquia-Colombia. Columbus, 2007, [Consulta: 25 Mayo 2015]. Disponible en:

<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912007000300003>.

DOMSCH, K., GAMS, W. & ANDERSON, A. *Compendium of Soil Fungi*. 2^a ed. Alemania: IHW-Verlag. Eching, 2007, pp. 90-120.

DOWNES F. P. & ITO K. *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*, 4th Ed. Washington, D.C. Estados Unidos. APHA. 2001. pp 105-115.

COLLAZOS, A. Proceso de certificación de la unidad productiva de café especial la sultana de la universidad del Cauca, 2^{da} ed. Municipio de Timbío. Colombia. El Cauqueño. 2011. pp 95-100

ECUADOR, GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO DEL CANTÓN DE LA JOYA DE LOS SACHAS. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. [En línea]. Joya de los Sachas - Ecuador. 2012. [Consulta: 12 diciembre 2015]. Disponible en:

http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/%23recycle/PDyOTs%202014/1560001590001/PDyOT/15022013_144030_PDYOT%20GADMCJS.pdf

GORDILLO, F. et al. Producción y evaluación del proceso de compostaje a partir de desechos agroindustriales de *Saccharum officinarum* (caña de azúcar). 3^{ra} ed. Cataluña, España. Text red. 2011. pp. 140-145

GRUNDEY, K. Tratamientos de residuos agrícolas y ganaderos. 1^{ra} ed. Barcelona, España. Gea. 1998. pp 2220-2229.

HIGA, T. & PARR, J. Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment. [En línea], (Japan). International Nature Farming Research Center, 1994. Disponible en: <http://www.agriton.nl/higa.html>

ECUADOR, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSO. VII Censo de Población y VI de Vivienda 2005. Quito, Ecuador. Instituto Nacional de Estadística y Censos. 2006. pp 99-109.

MADIGAN, M., MARTINKO, J. & PARKER, J. *Brock: Biología de los microorganismos.* 10^a ed. Madrid, España. Prentice Hall, 2003, pp. 151-624

MALATHI, S. & CHAKRABORTY, R. “ Production of Alkaline Protease by a New *Aspergillus flavus* Isolate under Solid-Substrate Fermentation Conditions for Use as a Depilation Agent “ *Appl. Environ. Microbiol.* [En línea], 1991. (India) 57 (3), pp. 712-716. [Consulta: 17 abril 2015]. PMID: PMC182784. Disponible en:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC182784/>

MINCHALA, T. & MOREIRA, V. *Proyecto de inversión para la elaboración de bioproductos con microorganismos para el control de las enfermedades de las plantas.* (Tesis

de pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad De Ciencias Pecuarias. Escuela de Agronomía. Guayaquil, Ecuador. 2007, pp.20-37.

MORENO, J. & MORMENEO, S. *Compostaje: Factores que afectan el proceso de compostaje.* 2^{da} ed. Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa, 2007, pp. 95-104.

NTC 5167-2011. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas de suelo. 2^{da} ed. Barranquilla, Colombia. Colombia viva. 1999. pp 1250-1255.

OLIVAS, E. *Manual de prácticas. Microbiología I, II y Parasitología:* Programas de Medicina. Chihuahua –México: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, 2011, pp. 13-34.

PARKS, L. Handbook of Microbiological Medium. 2^{da} ed. California, E.E.U.U: CRC Press Inc, 1997, pp 20-30.

PFEIFFER, E. Chromatography Applied to Quality Testing. Wyoming, RI- United State of America: Bio-Dynamic Literature.1^{ra} ed. CRC Press Inc. 1984. pp. 1-11

PINHEIRO, S. Cartilla de la cromatografía de Pfeiffer, salud de la tierra e inocuidad de los alimentos, Volver a la Tierra: Grupo de Reflexión Rural, 2012, pp. 1-62.

REYES, F. Manual Para La Producción De Compost Con Microorganismos Eficaces. [En línea]. Perú. 2007. [Consulta: 12 diciembre 2015]. Disponible en:

http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base_datos/manual_para_elaboracion_de_compost.pdf

ROMÁN, P., MARTÍNEZ, M & PANTOJA, A. *Manual de Compostaje del Agricultor Experiencias en América Latina de la FAO.* 3^{ra} ed. Santiago de Chile, Chile. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. 2013. pp. 21-91.

PARKS, L. *Handbook of Microbiological Medium*, 1ra ed. California, E.E.U.U: CRC Press Inc, 1997, pp 20-30.

SZTERN, D.; PRAVIA, M.A. Manual para la elaboración del compost. Bases conceptuales y procedimientos. 2^{da} ed. Caracas, Venezuela. Organización Panamericana de la Salud, 1999, pp 67-90.

SOLIVA, M. & LÓPEZ, M. Calidad del compost: Influencia del tipo de materiales tratados y de las condiciones del proceso. Barcelona-España: Escuela Superior agricultura de Barcelona. UPC, 2004, pp.1-20.

ZÚÑIGA, O., CUERO R., PEÑA, J. “Estimulación con campo electromagnético variable de microorganismos benéficos aplicados a la cachaza para mejorar su uso como biofertilizante”. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, [En línea] 2011 (Colombia) 9(2), pp. 150-158. [Consulta: 22 mayo 2015]. ISSN 1692-3561. Disponible en:

<http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v9n2/v9n2a17>

ANEXOS

Anexo A. Elaboración del sustrato para las trampas de captura de microorganismos.



Anexo B. Llenado de las trampas con el sustrato.



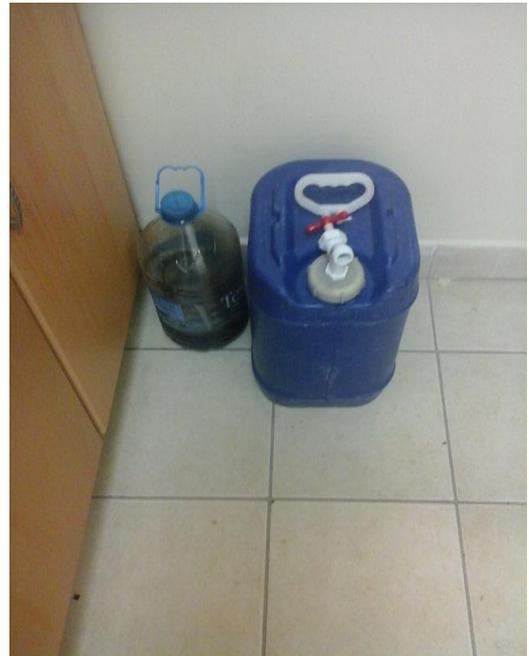
Anexo C. Colocación de las trampas en los sitios escogidos para la captura.



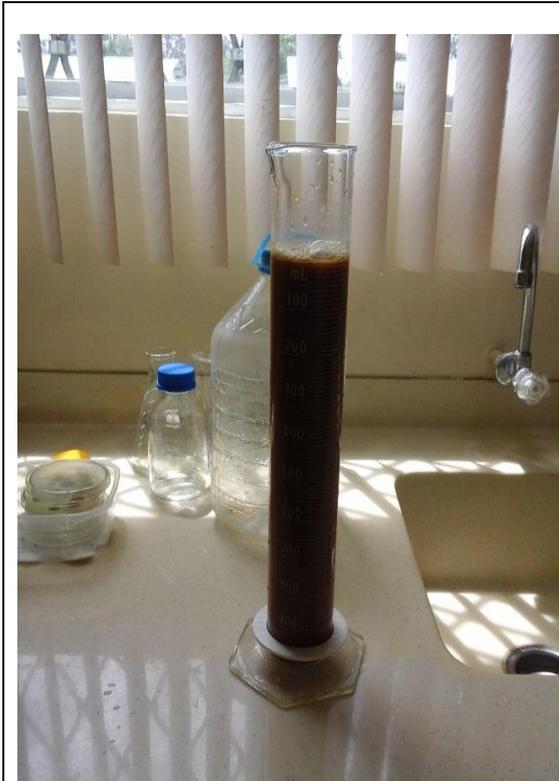
Anexo D. Recolección, traslado y elaboración de las pilas de tratamiento.



Anexo E. Elaboración del cóctel microbiano 1



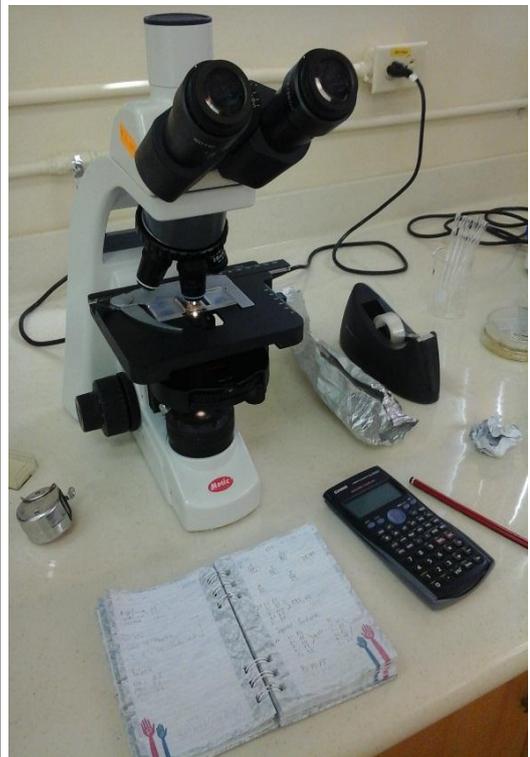
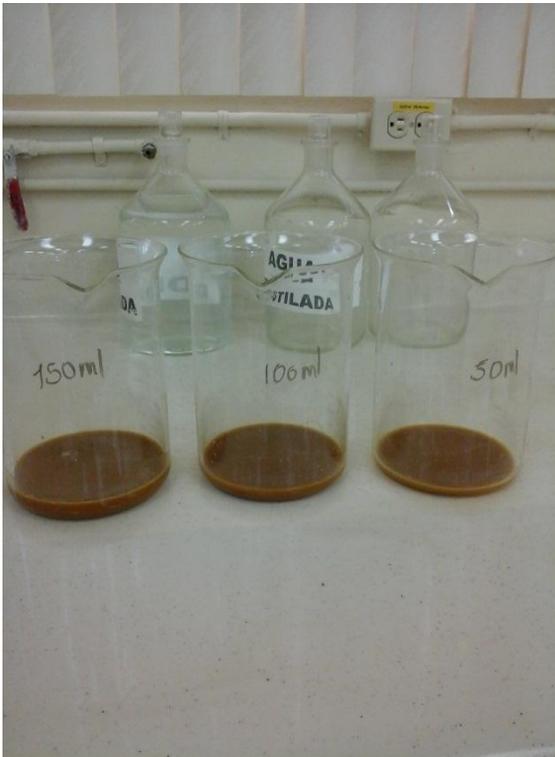
Anexo F. Activación de los microorganismos 1.



Anexo G. Activación de los microorganismos 2.



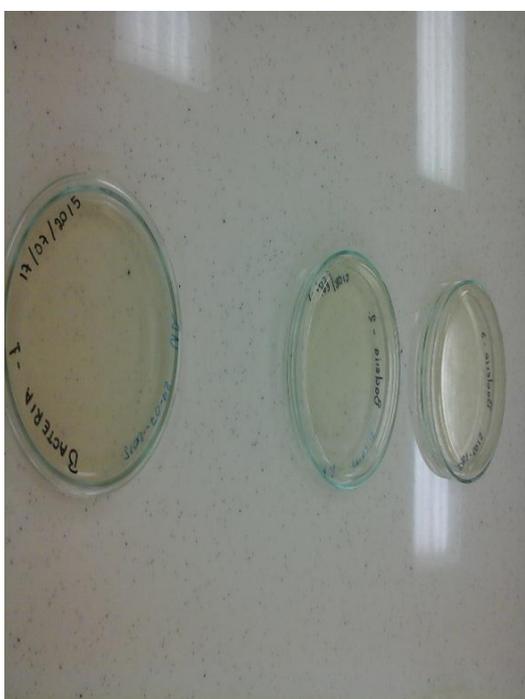
Anexo H. Determinación de concentración del cóctel.



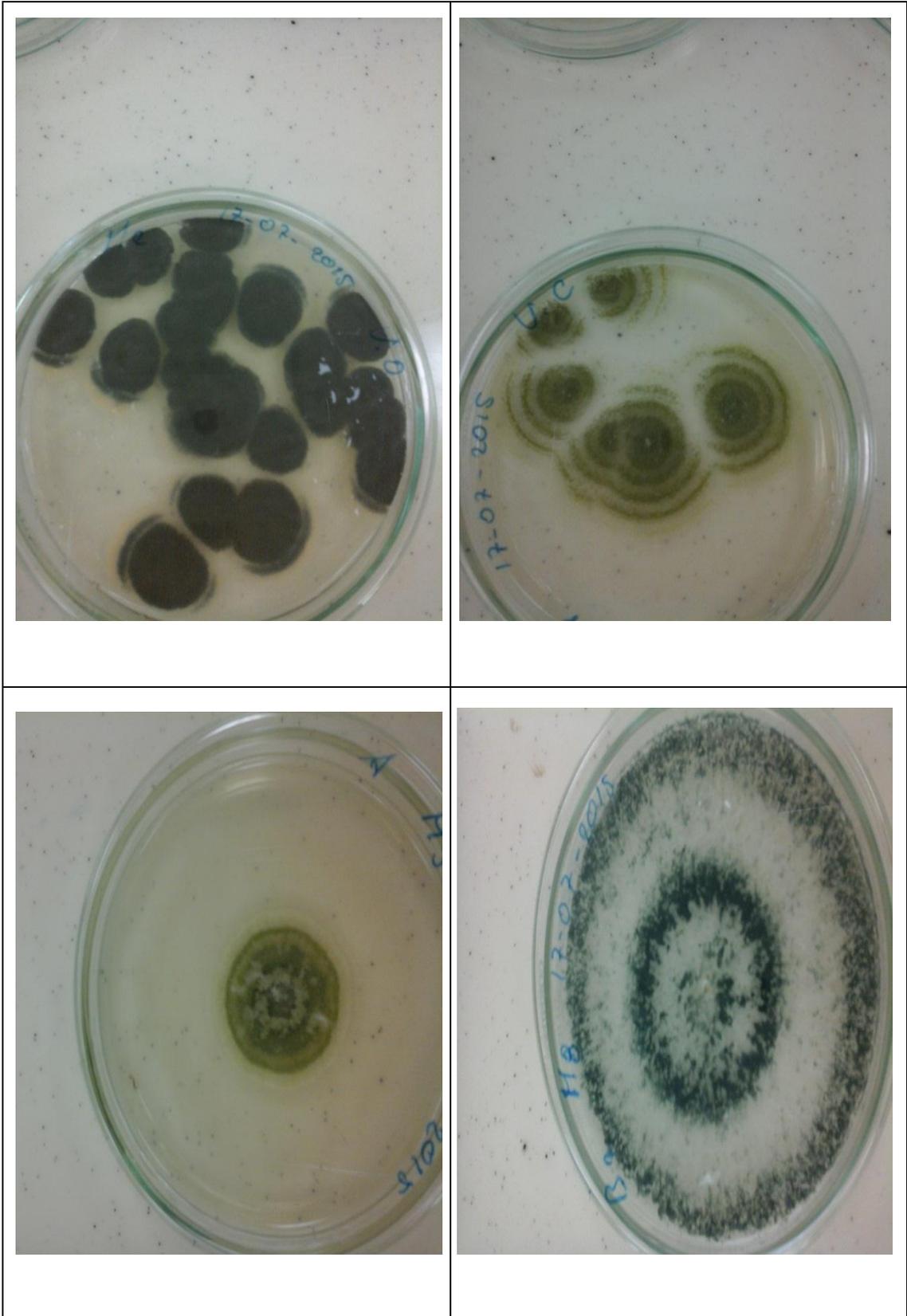
Anexo I. Identificación de los microorganismos en el laboratorio 1.



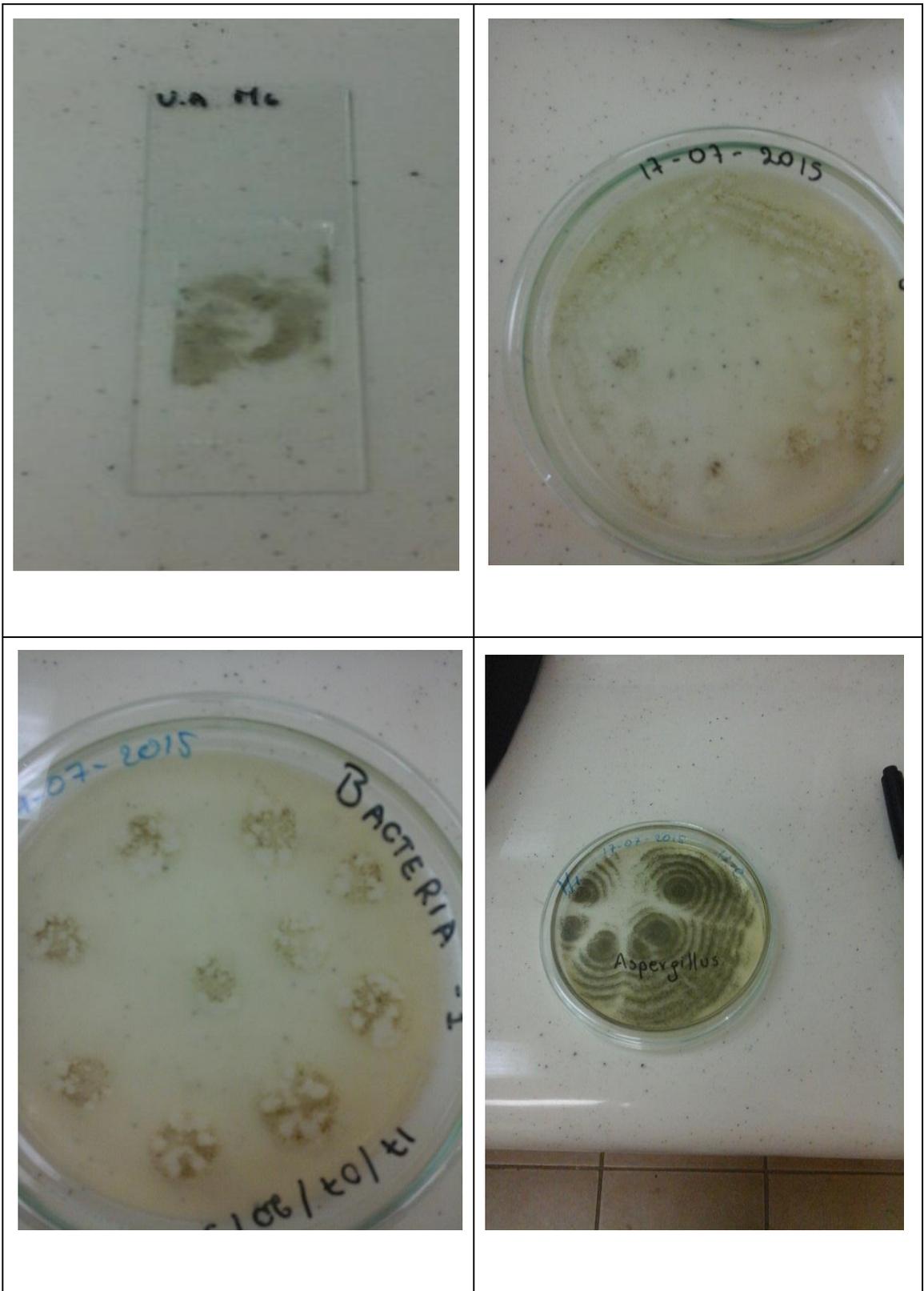
Anexo J. Identificación de los microorganismos en el laboratorio 2.



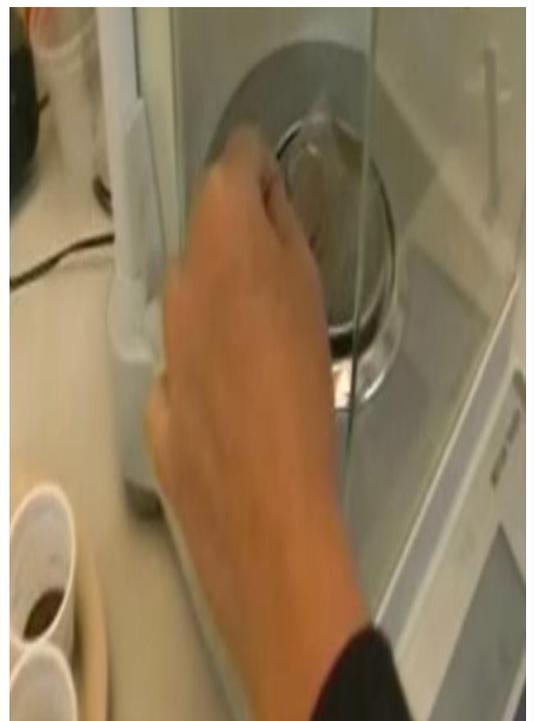
Anexo K. Resultados de los cultivos 1.



Anexo L. Resultados de los cultivos 2.



Anexo M. Análisis de laboratorio del suelo.



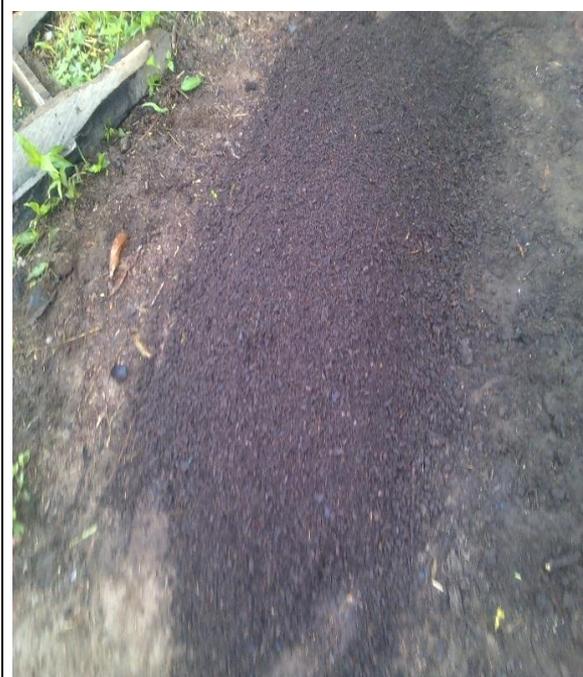
Anexo N. Tratamientos en campo1



Anexo O. Tratamientos en campo 2.



Anexo P. Cosecha del compost.



Anexo Q. Primer análisis de laboratorio del proceso de compostaje a los 8 días de tratamiento.

 INIAP Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias	ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONIA LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS Vía Sacha-San Carlos, Km. 3 de la Parker, Joya de los Sachas - Ecuador Teléfono: 063 700 000 correo electrónico: centralamazonia@iniap.gob.	 Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca
--	--	--

REPORTE DE ANALISIS DE ABONOS ORGANICOS

DATOS DEL PROPIETARIO

DATOS DEL PROPIETARIO	DATOS DE LA PROPIEDAD	PARA USO DEL LABORATORIO
Nombre : PATRICIO VEGA Dirección: JOYA DE LOS SACHAS Ciudad : ORELLANA Teléfono : N/E Fax : N/E	Nombre : RELLENO SANITARIO SACHA Provincia : ORELLANA Cantón : JOYA DE LOS SACHAS Parroquia: JOYA DE LOS SACHAS Ubicación : JOYA DE LOS SACHAS	Muestra: ABONO ORGÁNICO No. Reporte : 3045 - 3048 F/ Muestreo : 04/08/2015 F/Ingreso : 04/08/2015 F/Salida : 11/08/2015

N°.Muestr.	Identificación	pH	C/N	g/100g (%)								0 mg/kg (ppm)			
				MO	N Total	P	K	Ca	Mg	C.O	Zn	Cu	Fe	Mn	B
3045	A1 100ML	6.5	0.50	1.2	1.57	0.29	2.02	1.26	0.55	0.80	60.66	36.76	5250.00	239.90	46.90
3046	A2 TESTIGO	6.6	0.36	1.5	2.35	0.270	2.71	0.91	0.55	0.85	54.45	18.05	37.59	115.50	42.06
3047	A3 - 50 ML	6.4	0.37	1.3	2.21	0.28	2.10	1.36	0.59	0.83	54.87	21.58	4299.00	158.80	41.38
3048	A4 - 150 ML	6.5	0.40	1.1	1.92	0.26	1.66	1.15	0.56	0.78	51.25	25.29	467.30	166.00	42.06

INTERPRETACION	
pH	
Mac = Muy Acido	Lac = Liger. Aci
Ac = Acido	PN = Prac. Neut
MeAc= Media Acido	N = Neutro

Metodología Usada	
pH	= Suelo: agua (1:5)
N,P,B	= Colorimetria
S	= Turbidimetria
K,Ca,Mg	Cu,Fe,Mn,Zn= Abs. Atómica



Responsable laboratorio



Analista

Fuente: (Estación experimental de la Amazonia INIAP)

Anexo R. Segundo análisis de laboratorio del proceso de compostaje a los 28 días de tratamiento.

 INIAP Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias	ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONIA LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS Vía Sacha-San Carlos, Km. 3 de la Parker, Joya de los Sachas - Ecuador Teléfono: 063 700 000 correo electrónico: centralamazonia@iniap.gob.	 Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca
--	--	--

REPORTE DE ANALISIS DE ABONOS ORGANICOS

DATOS DEL PROPIETARIO

DATOS DE LA PROPIEDAD	PARA USO DEL LABORATORIO
Nombre : PATRICIO VEGA Dirección: JOYA DE LOS SACHAS Ciudad : ORELLANA Teléfono : N/E Fax : N/E	Muestra: ABONO ORGÁNICO No. Reporte : 3125 - 3128 F/ Muestreo : 24/08/2015 F/Ingreso : 24/08/2015 F/Salida : 02/10/2015

N°.Muestr.	Identificación	pH	C/N	g/100g (%)								0 mg/kg (ppm)			
				MO	N	P	K	Ca	Mg	C.O	Zn	Cu	Fe	Mn	B
3125	A1 100ML	6.7	0.50	1.6	1.4	0.35	2.1	1.3	0.63	0.7	61.66	36.76	5350.00	250.90	49.90
3126	A2 TESTIGO	6.7	0.32	1.7	2.30	0.45	2.6	1	0.6	0.75	56.45	18.05	39.56	118.50	43.06
3127	A3 - 50 ML	6.5	0.34	1.9	2.05	0.30	2.0	1.38	0.63	0.7	58.85	21.58	4300.00	165.80	44.38
3128	A4 - 150 ML	6.5	0.41	1.9	1.55	0.36	1.3	1.4	0.68	0.65	62.23	25.29	487.30	200.00	55.06

INTERPRETACION	
pH	
Mac = Muy Acido	Lac = Liger. Aci
Ac = Acido	PN = Prac. Neut
MeAc= Media Acido	N = Neutro

Metodología Usada	
pH	= Suelo: agua (1:5)
N,P,B	= Colorimetria
S	= Turbidimetria
K,Ca,Mg	Cu,Fe,Mn,Zn= Abs. Atómica



Responsable laboratorio



Analista

Fuente: (Estación experimental de la Amazonia INIAP)

Anexo S. Tercer análisis de laboratorio del proceso de compostaje a los 55 días de tratamiento.

 INIAP Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias	ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONIA LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS Vía Sacha-San Carlos, Km. 3 de la Parker, Joya de los Sachas - Ecuador Teléfono: 063 700 000 correo electrónico: centralamazonia@iniap.gob.	 Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca
--	--	--

REPORTE DE ANALISIS DE ABONOS ORGANICOS

DATOS DEL PROPIETARIO

	DATOS DE LA PROPIEDAD	PARA USO DEL LABORATORIO
Nombre : PATRICIO VEGA Dirección: JOYA DE LOS SACHAS Ciudad : ORELLANA Teléfono : N/E Fax : N/E	Nombre : RELLENO SANITARIO SACHA Provincia : ORELLANA Cantón : JOYA DE LOS SACHAS Parroquia: JOYA DE LOS SACHAS Ubicación : JOYA DE LOS SACHAS	Muestra: ABONO ORGÁNICO No. Reporte : 3191 - 3194 F/ Muestreo : 14/09/2015 F/Ingreso : 14/09/2015 F/Salida : 21/09/2015

N°.Muestr.	Identificación	pH	C/N	g/100g (%)								0 mg/kg (ppm)			
				MO	N	P	K	Ca	Mg	C.O	Zn	Cu	Fe	Mn	B
3191	A1 100ML	7.2	0.50	2.5	1.5	0.40	2.2	1.9	0.69	0.62	65.65	39.76	5450.00	259.90	41.9
3192	A2 TESTIGO	7	0.32	2	2.10	0.48	3	1.5	0.63	0.6	54.44	20.05	39.56	123.50	42.10
3193	A3 - 50 ML	7.3	0.34	2.2	1.9	0.35	2.5	1.9	0.68	0.65	59.84	22.58	431.00	175.80	44.38
3194	A4 - 150 ML	7.4	0.41	2.8	1.05	0.45	1.5	2	0.75	0.55	65.45	30.1	492.30	210.00	60.06

INTERPRETACION	
pH	
Mac = Muy Acido	Lac = Liger. Aci
Ac = Acido	PN = Prac. Neut
MeAc= Media Acido	N = Neutro

Metodología Usada	
pH	= Suelo: agua (1:5)
N,P,B	= Colorimetría
S	= Turbidimetría
K,Ca,Mg	Cu,Fe,Mn,Zn= Abs. Atómica



Responsable laboratorio



Analista

Anexo T. Cuarto análisis de laboratorio del proceso de compostaje a los 73 días de tratamiento.

 INIAP Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias	ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONIA LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS Vía Sacha-San Carlos, Km. 3 de la Parker, Joya de los Sachas - Ecuador Teléfono: 063 700 000 correo electrónico: centralamazonia@iniap.gob.	 Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca
--	--	--

REPORTE DE ANALISIS DE ABONOS ORGANICOS

DATOS DEL PROPIETARIO

DATOS DEL PROPIETARIO	DATOS DE LA PROPIEDAD	PARA USO DEL LABORATORIO
Nombre : PATRICIO VEGA Dirección: JOYA DE LOS SACHAS Ciudad : ORELLANA Teléfono : N/E Fax : N/E	Nombre : RELLENO SANITARIO SACHA Provincia : ORELLANA Cantón : JOYA DE LOS SACHAS Parroquia: JOYA DE LOS SACHAS Ubicación : JOYA DE LOS SACHAS	Muestra: ABONO ORGÁNICO No. Reporte : 3045 - 3048 F/ Muestreo : 08/10/2015 F/Ingreso : 08/10/2015 F/Salida : 15/10/2015

N°.Muestr.	Identificación	pH	C/N	g/100g (%)							0 mg/kg (ppm)				
				MO	N Total	P	K	Ca	Mg	C.O	Zn	Cu	Fe	Mn	B
3265	A1 100ML	7.5	2.33	5.9	1.2	0.45	2.5	2.2	0.85	3.5	68.65	45.78	5480.00	268.90	42.5
3266	A2 TESTIGO	7.3	1.42	5	1.5	0.5	3	1.8	0.65	3	59.48	22.15	41.51	128.10	42.10
3267	A3 - 50 ML	7.7	1.73	5.5	1.3	0.4	2.9	2	0.70	3.3	61.64	25.55	421.00	185.80	46.38
3268	A4 - 150 ML	7.2	3.8	6.8	0.4	0.55	2.3	2.5	0.85	4	69.55	33.15	495.35	211.10	66.06

INTERPRETACION	
pH	
Mac = Muy Acido	Lac = Liger. Aci
Ac = Acido	PN = Prac. Neut
MeAc= Media Acido	N = Neutro

Metodología Usada	
pH	= Suelo: agua (1:5)
N,P,B	= Colorimetria
S	= Turbidimetria
K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	= Abs. Atómica



Responsable laboratorio



Analista

Fuente: (Estación experimental de la Amazonia INIAP)