



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**ELABORACIÓN DE UN ABONO (BOCASHI) A PARTIR DE
RESIDUOS ORGÁNICOS DEL BIOTERIO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS – ESPOCH**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: BRYAN ROBINSON MORENO MENA

DIRECTORA: DRA. JANNETH JARA SAMANIEGO PhD

Riobamba-Ecuador

2019

© 2019, Bryan Robinson Moreno Mena

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Bryan Robinson Moreno Mena, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 14 de noviembre de 2019

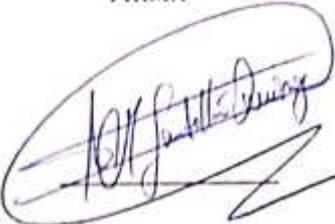
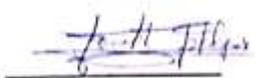
Bryan Robinson Moreno Mena

220011458-1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

CERTIFICACIÓN

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación tipo Proyecto Técnico, **"ELABORACIÓN DE UN ABONO (BOCASHI) A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS DEL BIOTERIO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS – ESPOCH"**, realizado por el señor: **BRYAN ROBINSON MORENO MENA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación. El mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Luis Miguel Santillán Quiroga PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2019-11-14
Dra. Lourdes Janneth Jara Samaniego DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACION		2019-11-14
Dra. Janneth María Gallegos Núñez MIEMBRO DE TRIBUNAL		2019-11-14

DEDICATORIA

Dedicado con un inmenso cariño a mis padres, como también a mis hermanos: Silvana, Jimmy, Juan, Polo y Daniel quienes me apoyaron y comprendieron en todo momento y toda circunstancia desde el inicio de mi carrera profesional, y a toda mi familia.

A todos mis sobrinos y sobrinas quienes fueron mi inspiración para iniciar y terminar mi carrera profesional.

Y a todos mis maestros que a través del transcurso estudiantil que llevé a cabo en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo me supieron inculcar de conocimiento, enseñanza y ética profesional.

Bryan R.

AGRADECIMIENTO

A Dios y a mi madre por haberme dado y salvado la vida, por tenerme aquí aún en pie.

A mi padre por haberme apoyado siempre y educado desde mi infancia de que “si quieres conseguir algo ve y hazlo, súdalo, sacrificate y cuando lo hayas conseguido tendrás la satisfacción de que lo obtuviste por mérito propio y lo valorarás porque te costó conseguirlo”.

A todos mis hermanos por apoyarme y comprenderme desde mi niñez y hasta la actualidad.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, principalmente a la Escuela de Ciencias Químicas, a sus maestros quienes me aportaron de su conocimiento para ser un profesional de bien para la sociedad.

A mi directora de tesis por ser una gran maestra, amiga y persona, y haberme brindado sus conocimientos y tiempo para poder realizar este trabajo de titulación, muchas gracias, Dra. Janneth J.

Y a todos mis amigos, en especial a Antony, Ángel, Alex, Diego, Carlos, Edwin y a Leidy, por haberme ayudado y apoyado en el transcurso de mi carrera y en la realización de mi trabajo de titulación.

Bryan R.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	¡Error! Marcador no definido.
ABSTRACT.....	¡Error! Marcador no definido.
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
1 DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1 Identificación del problema	2
1.2 Justificación de la investigación	2
1.3 Objetivos	3
CAPÍTULO II	4
2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	4
2.1 Antecedentes	4
2.2 Marco conceptual	5
2.2.1 Residuos Sólidos	5
2.2.1.1 Definición.....	5
2.2.1.2 Clasificación de los residuos sólidos	5
2.2.1.3 Residuos sólidos orgánicos.....	6
2.2.1.4 Propiedades de residuos solidos	7
2.2.1.5 Residuos sólidos orgánicos del Bioterio	9
2.2.1.6 Residuos sólidos orgánicos de mercado	9
2.2.1.7 Manejo de residuos sólidos.....	10
2.2.2 Fertilización orgánica	11
2.2.2.1 Importancia de la fertilización orgánica	11
2.2.2.2 Generalidades de los abonos orgánicos	11
2.2.3 Bocashi.....	12
2.2.3.1 Definición.....	12
2.2.3.2 Principales aportes de los ingredientes utilizados para elaborar los abonos orgánicos fermentados tipo bocashi.....	12

2.2.3.3	Etapas del proceso de elaboración del abono orgánico fermentado	13
2.2.3.4	Preparaciones del bocashi.....	14
2.2.3.5	Microbiota del Bocashi.....	15
2.2.3.6	Calidad de los abonos orgánicos.....	16
2.2.3.7	Ventajas del abono orgánico bocashi.....	18
2.2.3.8	Dosis a utilizar de bocashi	18
2.2.4	Marco Legal	19
2.2.4.1	Marco legal de residuos sólidos.....	19
2.2.4.2	Marco legal para elaboración de abonos orgánicos	21
CAPÍTULO III.....		24
3	MARCO METODOLÓGICO	24
3.1	Lugar de Estudio	24
3.1.1	Datos generales del Cantón Riobamba	24
3.1.2	Datos generales de la ESPOCH.....	25
3.1.3	Lugar experimental.....	25
3.2	Tipo de investigación	27
3.2.1	Selección de la muestra	27
3.3	Metodología	27
3.3.1	Materiales y equipos.....	27
3.3.2	Parte experimental.....	29
3.3.2.1	Elaboración del abono orgánico bocashi	29
CAPÍTULO IV.....		33
4	RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	33
4.1	Análisis y discusión de resultados	33
4.1.1	Caracterización fisicoquímica de las muestras iniciales	33
4.1.2	Parámetros analizados	34
4.1.2.1	Parámetros de control del proceso	34
4.1.2.2	Parámetros fisicoquímicos.....	37
4.1.3	Caracterización química de los tratamientos	39

4.1.3.1	Contenido de macronutrientes	39
4.1.4	Caracterización biológica de los tratamientos	41
4.1.4.1	Prueba de fitotoxicidad.....	41
4.1.4.2	Parámetros microbiológicos	43
4.1.5	Caracterización física de los tratamientos.....	44
	CONCLUSIONES	46
	RECOMENDACIONES	47
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Clasificación de residuos sólidos	6
Tabla 2-2: Porcentaje de los elementos químicos en los RSO	8
Tabla 3-2: Clasificación de los abonos orgánicos.....	12
Tabla 4-2: Comparación de las características de preparación del compost y bocashi	14
Tabla 5-2: Tiempo aproximado de exposición a temperaturas elevadas para eliminar patógenos	14
Tabla 6-2: Ventajas del bocashi	18
Tabla 7-2: Apartados del Anexo I	22
Tabla 1-3: Materiales y equipos para la elaboración de bocashi.....	28
Tabla 2-3: Componentes utilizados para la elaboración del abono orgánico bocashi	29
Tabla 3-3: Análisis realizados en la Facultad de Ciencias	31
Tabla 4-3: Costo de cada tratamiento	32
Tabla 1-4: Caracterización fisicoquímica de las muestras iniciales.....	33
Tabla 2-4: Contenido de N, P, y K del bocashi	40
Tabla 3-4: Análisis estadístico	42
Tabla 4-4: Caracterización microbiológica	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-3: Mapa del Cantón Riobamba	25
Figura 2-3: Mapa de ubicación del Centro de Acopio-ESPOCH.....	26

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4: Variación de la temperatura de los tratamientos	34
Gráfico 2-4: Variación de pH de los tratamientos	35
Gráfico 3-4: Variación de la conductividad eléctrica de los tratamientos.....	37
Gráfico 4-4: Variación del porcentaje de materia orgánica de los tratamientos.....	38
Gráfico 5-4: Relación C/N de los tratamientos.....	39
Gráfico 6-4: Índice de germinación de los tratamientos	41
Gráfico 7- 4: Rendimiento de los tratamientos	45

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Parámetros analizados durante el proceso de elaboración del bocashi de los tratamientos

Anexo B: Recolección de los componentes para la elaboración del bocashi

Anexo C: Preparación de los componentes

Anexo D: Ensamblaje de todas las pilas de bocashi

Anexo E: Control de temperatura y humedad; aireación y toma de muestras

Anexo F: Preparación de las muestras para ser analizadas

Anexo G: Medición de parámetros en los laboratorios

Anexo H: Índice de Germinación

Anexo I: Fase final de los tratamientos

Anexo J: Comprobantes de realización de análisis de laboratorio en AGROCALIDAD

Anexo K: Técnica para la determinación de materia orgánica

Anexo L: Técnica para la determinación de pH y Conductividad eléctrica

Anexo M: Técnica para determinar el índice de germinación

Anexo N: Técnica para determinar nitrógeno y carbono

RESUMEN

El objetivo fue la elaboración de bocashi partiendo del tamo del bioterio de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH como residuo orgánico principal. Los beneficios del uso de abonos orgánicos como el bocashi, son conocidos a nivel mundial. Sin embargo, la literatura científica precisa poco sobre los contenidos nutricionales, la carga microbiana patógena y la presencia de fitotoxinas en este tipo de abono. Para ello, en el centro de acopio de residuos sólidos de la ESPOCH se montaron 4 pilas con diferentes mezclas descritas en bibliografía; en todo el proceso se controló la aireación, humedad, temperatura, pH y conductividad eléctrica. La aireación fue manual y se controló en función de la temperatura, en general las pilas fueron volteadas dos veces por día durante los siete primeros días, luego una sola vez al día. La fase biooxidativa duró 38 días y la de maduración 60 días, dando un total de 98 días. La determinación de macronutrientes (N, P, K) y fitotoxicidad se realizó los días 1, 38 y 98 y el análisis microbiológico al final del proceso. Los contenidos de P, K al día 38 fueron los más altos, en contraste a los obtenidos al día 98, en cambio el N obtuvo mayor concentración en el día 98; el Índice de Germinación (IG) como prueba de fitotoxicidad al día 38 y 98 fueron muy elevados, excepto en la pila 2; los resultados microbiológicos revelaron la ausencia de *E. coli* en todas las pilas y presencia de *Salmonella* en la pila 2. En cuanto al rendimiento, las pilas 3 y 4 redujeron notablemente su masa a diferencia de las pilas 1 y 2.

Palabras clave: <BIOTECNOLOGÍA>, <RESIDUOS ORGÁNICOS>, <ABONO ORGÁNICO>, <BIOTERIO>, <BOCASHI (TÉCNICA)>.

ESPOCH - DBRAI
PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS
BIBLIORAFICO Y DOCUMENTAL

REVISIÓN DEL RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA
Ref: 16 Hora: 09:57

ABSTRACT

The objective was the elaboration of bocashi starting from the biotarium tamo of the ESPOCH Faculty of Sciences as the main organic waste. The benefits of using organic fertilizers such as bocashi are known worldwide. However, the scientific literature requires little about the nutritional contents, the pathogenic microbial load and the presence of Titotoxins in this type of fertilizer. To this end, 4 batteries with different mixtures described in the literature were mounted in the solid waste collection center of the ESPOCH; in the whole process Aeration, humidity, temperature, pH and electrical conductivity are controlled. The aeration was manual and was controlled according to the temperature, in general the batteries were turned twice a day for the first seven days, then only once a day. The bioxidative phase lasted 38 days and maturation 60 days, giving a total of 98 days. The determination of macronutrients (N, P, K) and phytotoxicity was performed on days 1.38 and 98 and the microbiological analysis at the end of the process. of P, K at day 38 were the highest, in contrast to those obtained at day 98, on the other hand N obtained higher concentration on day 98; the Germination Index (GI) as a phytotoxicity test at day 38 and 98 was very limited, except in cell 2; The microbiological results revealed the absence of E. coli in all the batteries and the presence of Salmonella in cell 2. In terms of performance, batteries 3 and 4 significantly reduced their mass unlike batteries 1 and 2.

Keywords: <BIOTECHNOLOGY>, <ORGANIC WASTE>, <ORGANIC FERTILIZER>, <BIOTERY>, <BOCASHI (TECHNICAL)>.



INTRODUCCIÓN

La materia orgánica al ser acopiada y almacenada inapropiadamente ocasiona graves problemas, ya que forma un hábitat de vectores transmisores de enfermedades, causando malos olores y promoviendo la contaminación (Altamirano y Cabrera, 2006, pp. 76-77), por tal razón, es necesario poner en marcha una adecuada gestión y manejo de los residuos orgánicos.

El bioterio es un lugar físico (infraestructura) donde se producen, crían y experimentan con animales (generalmente ratas y ratones) de laboratorio (La Molina, 2016), en el bioterio de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, al mes se generan 112 Kg de residuos orgánicos que corresponde a tamo o cascarilla de arroz en mezcla con heces de ratas y ratones (Román, 2018), estos residuos son de baja densidad, al almacenarse ocupan un gran espacio físico por lo que cada semana son trasladados al centro de acopio de residuos sólidos de la ESPOCH, para su compostaje. La duración del tratamiento del compostaje varía entre tres y seis meses (Chávez y Rodríguez, 2016, pp. 100-103), ante esto, es necesario implementar un tratamiento que tenga una menor duración y que genere un producto de igual o mejor respecto a la calidad de nutrientes que el compostaje. Este proyecto investigativo, tiene como finalidad elaborar un abono orgánico (Bocashi).

El bocashi es un abono orgánico de origen japonés. Es un abono fermentado que se forma como resultado de la descomposición de la materia orgánica con la ayuda de microorganismos. Se distingue del compost, porque se realiza en ausencia y presencia de oxígeno, ocasionando una fermentación aeróbica y anaeróbica, para lo cual es necesario voltear las pilas todos los días hasta el fin del proceso (Yugsi, 2011, p. 21).

Se consideró al bocashi como una opción alterna para el manejo de los residuos del bioterio, ya que proporciona una estrategia ecológica para el ambiente mediante el proceso de fermentación, disminuyendo así la pérdida de nutrientes. Además, se presenta como una tecnología sencilla, de bajo costo, y con un producto final utilizable como abono agrícola. Una de las ventajas del método bocashi es que su preparación es relativamente corta, en comparación con otros métodos como el compostaje, ya que el promedio de días para su elaboración es de alrededor de 15 a 21 días (Restrepo, 2007). Sin embargo, no se cuenta con bibliografía especializada por lo que algunos parámetros han sido comparados con los obtenidos en procesos de compostaje de residuos orgánicos.

Con base a la bibliografía, en este experimento se trabajó con cuatro tratamientos en los que se emplearon diferentes residuos orgánicos enriquecidos con otros componentes.

CAPÍTULO I

1 DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del problema

En el bioterio de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se utiliza cascarilla de arroz (tamo) como cama o lecho para los 160 ratones y 74 ratas, el mantenimiento y limpieza de las jaulas, es permanente, ya que el tamo en mezcla con la orina y los excrementos de estos animales puede generar una proliferación de agentes patógenos que alterarían las condiciones de asepsia del bioterio, de manera que se obtiene como residuo de tipo orgánico el tamo mezclado con excremento de ratas y ratones (Román, 2018).

Según el Bioquímico Benjamín Román (2018), responsable del bioterio de la Facultad de Ciencias, la limpieza de los lechos de los 160 ratones y 74 ratas se realiza tres veces por semana y la cantidad del residuo orgánico (tamo) que generan por semana es de 28 kilogramos aproximadamente. Debido a su baja densidad, el espacio que ocupan estos residuos es grande, por lo que deben ser retirados periódicamente y llevados al Centro de Acopio de residuos sólidos institucional para su respectivo tratamiento. El tratamiento rutinario que se lleva a cabo con este tipo de residuo orgánico es el compostaje.

La duración del proceso del compostaje es variable, la ejecución de este tratamiento es de tres a seis meses y dependiendo de qué tipo de método se utilice (Chávez y Rodríguez, 2016, pp. 100-103), lo cual hace que este tratamiento sea lento. El bocashi es un tratamiento de residuos orgánicos de duración corta, de ahí la importancia de experimentar con esta técnica.

1.2 Justificación de la investigación

En el bioterio de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se realiza la reproducción, crianza, estandarización y experimentación de los animales de laboratorio como ratas y ratones (Román, 2018). Para esto, se utiliza tamo o cascarilla de arroz como cama de los roedores. Este tipo de residuos poseen una baja densidad por lo cual al apilarse ocupa grandes espacios, el peso específico es de 125 Kg/ m^3 (Prada y Cortés 2010, p. 156). Al momento, en la Facultad de Ciencias, no existen estudios realizados sobre la elaboración de bocashi a partir de residuos orgánicos provenientes del bioterio. Conociendo que éste es un tratamiento de residuos sólidos

orgánicos que ocurre en menor tiempo que el compostaje, y que permite obtener un abono orgánico, se plantea la necesidad de elaborar bocashi de forma técnica para garantizar su posterior empleo en suelos.

El bocashi se presenta como una opción para el tratamiento de residuos orgánicos. El proceso de fermentación al que se someten los residuos orgánicos reduce la pérdida de nutrientes. Además, se presenta como una tecnología sustentable sencilla, relativamente rápida, de bajo costo, y con un producto final útil para prácticas agrícolas. Los fertilizantes orgánicos como el bocashi optimizan el suelo y suministran nutrientes de manera constante ayudando el desarrollo sostenido de las especies forestales (Restrepo, 2007).

Este método trabaja con temperaturas habituales en el cual la máxima es aproximadamente 50 °C a 55 °C, lo cual es idóneo debido a que facilita al suelo los microorganismos que de forma natural se hallan en él, permitiendo la restauración del suelo, además suministra al suelo distintos nutrimentos (Bertolí, et al., 2015).

Este proyecto técnico está bajo las sublíneas de investigación de la carrera de Biotecnología Ambiental y pretende brindar un tratamiento alternativo de los residuos generados en el bioterio de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

1.3 Objetivos

General:

- Elaborar Bocashi a partir de residuos orgánicos generados en el bioterio de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

Específicos:

- Determinar la cantidad y las características fisicoquímicas, químicas y biológicas de los residuos orgánicos generados en el bioterio.
- Analizar las características fisicoquímicas, químicas y biológicas del bocashi elaborado.
- Establecer el procedimiento óptimo para la elaboración de bocashi de residuos orgánicos del bioterio, mediante la formulación de diferentes mezclas.

CAPÍTULO II

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Antecedentes

A nivel internacional existe la responsabilidad de reciclar desechos orgánicos. Millones de toneladas de desechos orgánicos son producidos diariamente en distintas formas tales como, desechos de restaurante, plantas procesadoras de alimento, parques y jardines, desechos de granja, mercados municipales, bioterios, etc., casi todos estos residuos orgánicos de origen animal y vegetal, pueden ser transformados en abonos (Altamirano y Cabrera, 2006, p. 76).

En el bioterio de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, se estima una producción de 112 Kg/mes de residuos de tamo en mezcla con heces de estos animales de experimentación (Román, 2018). Estos residuos tenían como destino final el relleno sanitario de la ciudad de Riobamba, convirtiéndose en un potencial foco de contaminación ambiental. A partir del año 2018, como parte de las actividades del Proyecto de investigación “Implementación del Sistema de Gestión de Residuos Sólidos de la ESPOCH”, estos residuos están siendo compostados en mezcla con otros residuos orgánicos.

El progreso de la técnica de compostaje a gran escala tiene su inicio en la India con las experiencias del inglés Albert Howard desde 1905 a 1947. Su método llamado, método Indore, se fundamenta en fermentar una mezcla de residuos vegetales y excretas de animales, y humedecerla periódicamente (Alonso, 2011, p. 13). Sin embargo la duración de la fase del compostaje varía entre tres a seis meses y dependiendo de qué tipo de método se utilice (Chávez y Rodríguez, 2016, pp. 100-103)

Respecto al bocashi, en varios países de Latinoamérica, desde hace unos años se está experimentando con mucho éxito este tratamiento de fermentación de materia orgánica, para utilizarlos como abonos fertilizantes para sus campos y en todos sus plantíos (Bueno, 2007, p. 153).

En Bocas del Toro, Ramos et al. (2014, pp. 90-97), en su estudio vieron el método bocashi como una alternativa para el aprovechamiento de los residuos orgánicos agrícolas de la producción de plátano al encontrar parámetros óptimos en los análisis correspondientes, los cuales fueron realizados a los 21 días y hasta los 150 días de elaborado. Cabe mencionar que utilizaron excretas de cerdo como fuente de nitrógeno, y concluyeron que el producto obtenido abarca bajos contenidos en metales pesados y con una adecuada vida microbiana.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Residuos Sólidos

2.2.1.1 Definición

Según el Acuerdo 061 (Reforma al libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria) los residuos sólidos son: “Cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido, que no presenta características de peligrosidad en base al código C.R.E.T.I.B., resultantes del consumo o uso de un bien tanto en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que no tiene valor para quien lo genera, pero que es susceptible de aprovechamiento y transformación en un nuevo bien con un valor económico agregado” (MAE, 2015).

2.2.1.2 Clasificación de los residuos sólidos

Existen varios criterios para clasificar a los residuos sólidos, que puede ser desde su origen, grado de descomposición, disposición final, entre otros.

Según la normativa ecuatoriana “Calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos” (MAE, 2015b), los desechos sólidos de acuerdo a su origen se clasifican en:

- a) Desecho sólido domiciliario
- b) Desecho sólido comercial
- c) Desecho sólido de demolición
- d) Desecho sólido del barrido de calles
- e) Desecho sólido de la limpieza de parques y jardines
- f) Desecho sólido hospitalario
- g) Desecho sólido institucional
- h) Desecho sólido industrial
- i) Desecho sólido especial

Otra clasificación más completa de los residuos sólidos la presenta Puerta (2004) en la tabla 1-2 que se indica a continuación:

Tabla 1-2: Clasificación de residuos sólidos

Tipo de clasificación	Tipo de residuos
Según su origen	Comercial, domestico, institucional, servicios municipales, industriales y agrícolas
Según su grado de biodegradabilidad	Biodegradables: los microorganismos de la naturaleza los transforman en micronutrientes como los residuos orgánicos, el cartón y el papel. Formados por recursos naturales renovables. No biodegradables: los microorganismos no los pueden transformar en micronutrientes por estar formados por recursos no renovables como los plásticos.
Según su uso y disposición final	Reciclables: se vuelven a transformar en materia prima para nuevos productos como el papel, cartón, metales. Orgánicos: son transformados en abono orgánico por el proceso de compostaje o lombricultura como el estiércol de animales, residuos de jardinería. Desechos: no pueden volver a usarse debido a que ya no tiene vida útil y deben ir a un a un sitio de vertido o relleno sanitario.

Fuente: (Puerta, 2004)

Realizado por: Bryan Moreno, 2019

2.2.1.3 Residuos sólidos orgánicos

Los residuos sólidos orgánicos (RSO) son aquellos que tienen en su estructura básicamente carbono (C), nitrógeno (N), oxígeno (O), hidrógeno (H) y pueden descomponerse por la acción natural de organismos vivos como lombrices, hongos y bacterias (MMAyA et al., 2012). Son susceptibles a desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica (Price y Flores, 2001).

Algunos ejemplos pueden ser cáscaras de verduras, residuos de alimentos, frutos, hojas de árboles, residuos de cosechas, entre otros, los cuales son generados en actividades de cocina, jardinería y poda de plantas, consumo de alimentos, centros de abasto de frutas, verduras u otros productos generados por acción de la naturaleza (MMAyA et al., 2012)

Según Price y Flores (2001), existen varias formas de clasificar a los residuos sólidos orgánicos; sin embargo, las dos más conocidas están relacionadas con su fuente de generación y con su naturaleza o características físicas, como se detalla a continuación:

- **Clasificación de los RSO según su fuente de generación**

Los residuos sólidos orgánicos según su fuente se clasifican en:

- i. RSO provenientes del barrido de las calles: son considerados los residuos almacenados en los contenedores públicos, cuyo contenido de residuos puede ser muy variado.
- ii. RSO institucionales: provenientes de instituciones públicas y privadas; caracterizadas en su mayoría por contener papeles, cartones y residuos de alimentos provenientes de los comedores institucionales.
- iii. RSO de mercados: provenientes de la comercialización de productos en los mercados de abastos; considerados como una excelente fuente para el aprovechamiento orgánico y en especial para la elaboración de fertilizante orgánico y compost.
- iv. RSO de origen comercial: provenientes de establecimientos comerciales, entre los que se incluyen tiendas y restaurantes. Estos últimos son la fuente con mayor generación de residuos orgánicos debido al servicio que ofrecen como es la venta de comida.
- v. RSO domiciliarios: provenientes de hogares, cuya característica puede ser variada, pero que mayormente contienen restos de frutas, verduras, residuos de alimentos preparados, podas de jardín y papeles. Representa un gran potencial para su aprovechamiento (Price y Flores, 2001).

▪ **Clasificación de los RSO según su Naturaleza o Característica Física**

Los residuos sólidos orgánicos según su naturaleza o característica física se clasifican de la siguiente manera:

- i. Residuos de alimentos: restos de alimentos que provienen de varias fuentes, entre ellas restaurantes, comedores, hogares y otros establecimientos de expendio de alimentos.
- ii. Estiércol: residuos fecales de animales (ganado) que son aprovechados para su transformación en bioabono o para la generación de biogás.
- iii. Restos vegetales: residuos provenientes de podas o deshierbe de jardines, parques u otro tipo de áreas verdes.
- iv. Papel y cartón: residuos provenientes en su mayoría de actividades comerciales y domiciliarias, los mismos que por estar constituidos por fibra celulosa representan un gran potencial orgánico para su reciclaje (Price y Flores, 2001).

2.2.1.4 Propiedades de residuos solidos

Peso

Kiely (1999), indica que el peso “Constituye una propiedad esencial para tener como referencia la cantidad de residuos sólidos que generan las personas. Esta característica determina si pueden ser recuperados para reinsertarlos en la cadena productiva o disponerlos en un relleno sanitario”.

Peso Específico

Determina el volumen ocupado por la masa de los residuos sólidos (Alvaro y Olives, 2013).

Porcentaje de humedad

Indica la diferencia entre residuos sólidos que tienen un determinado peso húmedo y peso seco. Es considerada una propiedad importante porque marca la diferencia de peso entre residuos sólidos sean estos orgánicos e inorgánicos. Generalmente en los residuos sólidos se tiene una humedad aproximada del 25% al 40 % en peso. Cabe recalcar que los residuos orgánicos contienen mayor humedad que los inorgánicos (Tchobanoglous et al., 1994).

Propiedades químicas

Las propiedades químicas son consideradas una parte indispensable que permiten evaluar las diferentes opciones de procesamientos y recuperación, para determinar si se los puede utilizar como combustibles o pueden ser reinsertados en una cadena productiva. En la tabla 2-1 se indica el porcentaje de elementos químicos presentes en los RSO (Tchobanoglous et al., 1994).

Tabla 2-2: Porcentaje de los elementos químicos en los RSO

Componente	C	H	O	N	S	Ceniza
Orgánicos	48	6,4	37,6	26,4	0,4	5

Fuente: (Tchobanoglous et al., 1994)

Realizado por: Bryan Moreno, 2019

Contenido energético

Los RSO al contener hidrógeno, oxígeno y carbono cuentan con un determinado contenido energético que permite y ayuda a reemplazar algunos combustibles. Según Tchobanoglous et al. (1994), el contenido energético es de 4650 Kj/kg.

Biodegradabilidad

Es la capacidad que tiene un residuo sólido en degradarse mediante la acción de agentes biológicos sean estos insectos o microorganismos, debido principalmente a su composición de carbohidratos simples (Alvaro y Olives, 2013).

En la biodegradabilidad es importante tener en cuenta el contenido de la lignina, pues constituye un parámetro que permite determinar la fracción biodegradable de los residuos. Por ejemplo en los residuos orgánicos el contenido de lignina es de 0.4 % (Tchobanoglous et al., 1994).

2.2.1.5 Residuos sólidos orgánicos del Bioterio

El Bioterio es una zona especializada en la reproducción, mantenimiento y control de diversas especies de animales de laboratorio (generalmente roedores) en óptimas condiciones, los cuales son utilizados para la realización de experimentos y la investigación científica (UNAM, 2007).

Toda área de eliminación de desechos del Bioterio debe proveer espacio para almacenamiento de material relacionado con los animales, excrementos, camas sucias. Los desechos deben ser guardados en una heladera o en un cuarto frío reservado para este fin antes de eliminarlos. Los desechos ubicados afuera de las instalaciones se deben mantener en recipientes cerrados de forma hermética (Montenegro, 2014). Todos los bioterios deben cumplir con los reglamentos locales de almacenaje y de eliminación de los desechos. La manipulación de éstos deben cumplir con los reglamentos institucionales y federales regidos en cada país (Vega, 2002).

- Cascarilla de arroz (tamo)

La cascarilla de arroz tiene una consistencia quebradiza, áspera y su color varía. Su densidad es baja, por lo cual al acumularse ocupa un gran espacio. El peso específico es de 125 Kg/ m³, es decir, 1 tonelada ocupa un espacio de 8 m³ a granel. El poder calorífico de la cascarilla es de 3.281,6 Kcal/kg y por el alto contenido de sílice (el 20 %), es de muy baja biodegradabilidad en condiciones del ambiente natural (Prada y Cortés, 2010).

2.2.1.6 Residuos sólidos orgánicos de mercado

Hoornweg y Bhada (2012), estimaron que las ciudades producen cerca de 1,3 millones de t/año de residuos sólidos, con una producción per cápita de 1,2 kg/día. Presumiendo un incremento de habitantes urbanos para el 2025 en 4,3 millones, estimaron un aumento de residuos sólidos, hasta alcanzar los 2,2 millones de t/año, con valores per cápita de 1,42 kg/día, y a nivel mundial, cerca del 46% del total de RS son residuos sólidos orgánicos, los cuales ocasionan graves problemas, no sólo por el deterioro ambiental, sino también desde un punto de vista económico ya que los costos de recolección, transporte y disposición final son cada vez más altos.

En el caso del mercado Mayorista del cantón Riobamba en la provincia de Chimborazo según el proyecto de tesis de Jiménez (2015, p. 89), a la semana se producen 42,18 toneladas de RSO, lo que conlleva a estimar un total de 168,72 toneladas por mes de este tipo de residuo.

2.2.1.7 Manejo de residuos sólidos

El manejo de residuos sólidos constituye todas las actividades operativas o funcionales relacionadas con la manipulación de los residuos sólidos desde el sitio donde son generados hasta la disposición final de los mismos (Ochoa, 2009).

Según Ochoa (2009), las etapas que constituyen el manejo de residuos sólidos son: generación, almacenamiento, recolección, transporte, transferencia, tratamiento y disposición final.

- Generación

Es una etapa en la que se encuentran varios problemas, donde la magnitud o existencia de éstos depende de la cantidad generada, la composición, las variaciones y muchos otros (Colomer y Gallardo, 2007; Simon-Vermot, 2010).

- Almacenamiento

Es la etapa en donde se almacena por un tiempo provisional los residuos generados. Son pocas las ciudades que tienen un almacenamiento adecuado en los hogares, establecimientos comerciales, hospitales y otros puntos de gran generación (Acurio et al., 1997). En esta etapa es conveniente efectuar la separación para el reciclaje de papel, cartón, metal, plástico y vidrio, para conseguir la máxima pureza de los elementos separados (Pinedo et al., 2006).

- Recolección y Transporte

Esta etapa consiste en la recolección y el traslado de forma diferenciada de los residuos separados previamente desde las diversas fuentes de generación hasta el sitio de tratamiento o aprovechamiento. Para su transporte, el equipo y los vehículos de recolección deben ser suficientes y adecuados para los volúmenes recolectados. (MMAyA et al., 2012)

- Tratamiento

El tratamiento, es la etapa donde los residuos son separados nuevamente (si es necesario), procesados y por último transformados. La separación puede ser mecánica o manual, teniendo como objetivo la obtención de dos subproductos, el primero, subproductos considerados valiosos y el segundo de rechazo que tiene como destino el vertedero o tratamiento térmico. La transformación permite reducir el volumen y el peso de los residuos, pero también facilita obtención de otros productos o energía, como es el compostaje, la incineración, la pirolisis o la gasificación (Colomer y Gallardo, 2007).

El aprovechamiento de los RSO tiene varias alternativas como son: la alimentación animal, el compostaje, lombricultivo, entre otros (Puerta, 2004).

El reciclaje y el compostaje son procesos que potencialmente remueven materiales útiles de la cadena de desechos antes que sean incinerados o colocados en algún relleno sanitario. Estos materiales pueden ser usados como materia prima para fabricar nuevos productos (Ponte de Chacín, 2008).

- Disposición final

La disposición final consiste en la identificación de usuarios para la utilización del producto obtenido. Si se trata de una producción a pequeña escala, por lo general el compost generado puede ser empleado para actividades de mantenimiento de viveros, áreas verdes o como material de cobertura final para rellenos sanitarios. A medida que la producción incrementa en las plantas de tratamiento, es necesario identificar otro tipo de usuarios, de manera que el producto pueda tener una rotación frecuente y así evitar la acumulación excesiva (MMAyA et al., 2012).

2.2.2 Fertilización orgánica

2.2.2.1 Importancia de la fertilización orgánica

Es importante recalcar que la agricultura de manera orgánica no implica solo el hecho de fertilizar con abonos orgánicos (composta, bocashi, lombricomposta, entre otros) el suelo, sino conlleva un cambio de conciencia, un camino con muchos pasos, donde el primero está en la mentalidad de cada persona, el querer creer y cambiar (Herrán et al., 2008).

Este movimiento está presidido por cuatro principios básicos: el primero implica el maximizar los recursos que la población posee; no busca suplantar insumos, sino la reutilización de lo que ellos tienen, el segundo consiste en buscar al máximo la independencia de insumos externos, al utilizar lo que tiene a la mano y volviéndose productor de sus agroinsumos, el tercero se enfoca a instar el menor impacto posible dentro de la modificación que se haga al entorno, el cuarto es no poner en riesgo la salud del productor y tampoco del consumidor; este último haciendo alusión a los productores de abonos orgánicos que no están correctamente estabilizados, y que su efecto no es igual al de un abono estable que pasó cierto tiempo de maduración (Herrán et al., 2008).

2.2.2.2 Generalidades de los abonos orgánicos

El abono orgánico es el material resultante de la descomposición natural de la materia orgánica por acción de los microorganismos que están en el medio, los cuales asimilan los materiales, convirtiéndolos en benefactores que aportan nutrimentos al suelo y, por ende, a las plantas que crecen en él. Es un tratamiento controlado y acelerado de desintegración de los residuos, que

puede ser aeróbico o anaerobio, convirtiéndose así en un producto estable de alto valor como enmienda agrícola (Libreros, 2012, pp. 13-14).

Los abonos orgánicos contribuyen con cantidades significativas de elementos nutritivos (macro y micronutrientes) para las plantas (Bertolí et al., 2015, p. 3).

Según Soto (2003), los abonos orgánicos pueden dividirse en dependencia de la fuente de nutrimentos, el grado de procesamiento y su estado físico, según se observa en la tabla 3-2.

Tabla 3-2: Clasificación de los abonos orgánicos

Fuente de Nutrimentos	Grado de procesamiento	Sólido	Líquidos
Materia Orgánica	Sin procesar	Residuos de cosecha Residuos de poda Residuos de postcosecha Estiércoles frescos Residuos de mataderos Abonos verdes y arrope	Efluentes: Pulpa de café Desechos de origen animal Residuales de la industria azucarera Otros residuos líquidos
	Procesados	Compost Humus de lombriz Bocashi	Biofermentos Té de compost Té de estiércol

Fuente: (Soto, 2003)

Realizado por: Bryan Moreno, 2019

2.2.3 *Bocashi*

2.2.3.1 *Definición*

Bocashi es una palabra de origen japonés que significa “materia orgánica fermentada”, siendo utilizado como abono orgánico por los agricultores japoneses desde hace ya muchos años. Este abono se descompone en un proceso aeróbico y anaerobio de materiales de origen animal o vegetal. Su utilización activa y aumenta la cantidad de microorganismos en el suelo, así como mejora sus características físicas y suple a las plantas con nutrimentos (Shintane et al., 2000). Puede elaborarse con materiales locales, por lo que se pueden hacer variaciones de acuerdo a la materia prima disponible en la región (De Luna y Vázquez, 2009).

2.2.3.2 *Principales aportes de los ingredientes utilizados para elaborar los abonos orgánicos fermentados tipo bocashi*

Según Restrepo y Hensel (2009, pp. 22-25), los ingredientes básicos para la preparación de los abonos orgánicos fermentados tipo bocashi son los citados a continuación:

- **Estiércoles:** Es la fuente primordial de nitrógeno en la producción de los abonos orgánicos fermentados. Su aporte básico consiste en optimizar las características vitales y la fertilidad del suelo con algunos nutrientes.

- **Carbón fragmentado en partículas pequeñas:** Da un mejoramiento a las características físicas del suelo, como su estructura, lo que proporciona una mejor distribución de las raíces, la aireación y la captación de humedad.
- **Salvado de trigo o pulidura:** Es uno de los componentes que benefician, en un grado alto, la fermentación de los abonos, la cual aumenta por la presencia de complejos vitamínicos en el afrecho de trigo.
- **Cascarilla de arroz:** Este componente optimiza las características físicas del suelo y de los abonos orgánicos, posibilitando la aireación, la captación de humedad y el filtrado de nutrimentos. Además, es una fuente rica en silicio, lo que beneficia a los vegetales, pues los hace más resistentes a plagas y enfermedades.
- **Residuos vegetales:** Aportan una fuente rica de nutrientes para los microorganismos.
- **Cal agrícola o ceniza de fogón:** El papel principal de este ingrediente es regular el pH (la acidez) que se presenta durante toda la fase de fermentación, cuando se está elaborando el abono orgánico.
- **Melaza:** Es la fuente primordial de energía para la fermentación de los abonos orgánicos favoreciendo la actividad microbiológica y el crecimiento de la biomasa.
- **Levadura para pan, compost maduro o inóculo de bocashi:** Estos tres componentes forman la principal fuente de inoculación microbiológica para la preparación de los abonos orgánicos fermentados.
- **Suelo arcilloso bien tamizado:** En algunos casos, ocupa hasta la tercera parte del volumen total del abono que se desea elaborar. Suministra una mayor homogeneidad física al abono y propicia una mejor retención de la humedad; favoreciendo la actividad microbiana, y una buena fermentación.
- **Agua:** Tiene la función de homogenizar la humedad de todos los componentes del abono, y brinda las condiciones óptimas para el metabolismo y la reproducción microbiana.

No existe una técnica única para la preparación del bocashi, la composición de este abono se ajustará a las circunstancias y materiales que existan en la comunidad (Restrepo, 2010).

2.2.3.3 Etapas del proceso de elaboración del abono orgánico fermentado

Bertolí et al., (2015, p. 16) menciona que existen dos etapas:

La primera por la que pasa la fermentación del abono es la estabilización, en la que la temperatura puede llegar a alcanzar entre 70 y 75 °C si no es controlada adecuadamente, debido al aumento de la actividad microbiana.

Consecutivamente, la temperatura del abono comienza a descender, dado el decrecimiento de la fuente de energía que retroalimentaba el proceso. En ese instante empieza la estabilización del abono y solo sobresalen los componentes que presentan un mayor conflicto para su degradación a corto plazo. A partir de aquí, el abono procede a la segunda etapa, la maduración, en la cual la degradación de la materia orgánica que todavía permanecen es más demorosa, para luego llegar a su estado óptimo para su utilización (Bertolí et al., 2015, p. 16).

2.2.3.4 Preparaciones del bocashi

Generalmente la elaboración de los abonos orgánicos fermentados se lo realizan en aproximadamente 15 días. Los productores más experimentados lo hacen en 10 días. Para ello, durante los primeros cinco días de fermentación, voltean el preparado dos veces al día en algunos casos (en la mañana y en la tarde). Luego lo revuelven solamente una vez al día, controlando la altura (un metro y cuarenta centímetros, en lo máximo) y el ancho del montón (hasta dos metros y medio), de manera que sea la propicia para que se tenga una buena aireación. Por estas razones una pila alta es menos eficiente que una pila de tamaño adecuado en la preparación de los abonos fermentados o compostas (Restrepo, 2007; Restrepo y Hensel 2009).

En el siguiente cuadro se indica la comparación de las características en la elaboración del bocashi y compost.

Tabla 4-2: Comparación de las características de preparación del compost y bocashi

Característica	Compost	Bocashi
Producto final	Materia orgánica estable	Materia orgánica en descomposición
T° máxima en proceso	65-70 °C	45-55 °C
Humedad	60% durante el proceso	Inicia con 60%, luego se deja secar el material
Frecuencia de volteo	Determinado por la humedad y T° de la pila	Una o dos veces al día para evitar temperaturas muy altas
Duración de proceso	De 1 a 2 meses dependiendo de la materia prima y frecuencia de volteo	De 1 a 2 semanas
T° luego de aplicado en campo	Estable	Material se recalienta al humedecerse de nuevo

Fuente: (Soto, 2003)

Realizado por: Bryan Moreno, 2019

- Costo estimado para la preparación del bocashi

El costo para la preparación del bocashi depende principalmente de la mano de obra que se utilice, de la disponibilidad de los materiales necesarios en la zona y de la distancia a la que se encuentran los mismos del lugar designado para la elaboración (Bertolí et al., 2015, p. 26).

2.2.3.5 *Microbiota del Bocashi*

El proceso de descomposición de los residuos está terciado por la actividad de los microorganismos (Boulter et al., 2000). La fertilidad está controlada, en gran medida, por las actividades biogeoquímicas de la microbiota que actúa como potencial fuente de nutrientes para las plantas (Sivila de Cary y Angulo, 2006).

Se ha reportado que los microorganismos eficientes (EM) mejoran la calidad nutricional del bocashi y en general de los diferentes tipos de abonos orgánicos (Sharma et al., 2016).

Se ha identificado que las bacterias y hongos se encargan de la fase mesófila, especialmente bacterias del género *Bacillus* sp, aunque existen también algunos *Bacillus* termófilos. El 10 % de la descomposición es causada por bacterias y del 15-30 % se debe a los actinomicetos. Luego de que los materiales lábiles han desaparecido, los microorganismos preponderantes son los actinomicetos, hongos y levaduras (Soto, 2003; Ramos y Terry, 2014).

Al principio las poblaciones de bacterias y actinomicetos resultan ser mayores que las de hongos, probablemente porque son microorganismos participantes de la nitrificación y amonificación necesarias para la biota del suelo, además la velocidad de reproducción de los hongos es mucho menor a la de las bacterias y actinomicetos (Atlas y Bartha, 2002).

La abundancia de los actinomicetos en relación con los hongos son un indicador de la madurez del abono obtenido, ya que los materiales con bajas cantidades de este tipo de microorganismos son frescos o no están totalmente compostados (Pérez et al., 2008).

Restrepo (2007), indica que los microorganismos encontrados naturalmente responsables de la descomposición de los residuos orgánicos y que se pueden reproducir directamente en las parcelas, pueden ser entre otros: *Saccharomyces*, *Lactobacillus*, *Burkholderia cepacia*, *Trichoderma*, *Paecilomyces lilacinus*.

- Higiene sanitaria de abonos orgánicos

La elaboración de abonos orgánicos forma una práctica importante para la eliminación de algunos de los desechos generados por la agroindustria, así como la conversión de estos subproductos en materiales que puedan utilizarse para mejorar el suelo. Además se estima que estos productos no

afecten la salud de plantas, animales y humanos debido a la presencia de sustancias tóxicas y/o patógenos (Uribe, 2003, p. 122).

Patógenos que podrían presentarse en los abonos

Salmonella spp.

Este tipo de microorganismos son considerados como el principal problema específico y de la calidad higiénica de abonos, se hallan distribuidos ampliamente en el ambiente que abarcan un amplio rango de huéspedes que van desde animales hasta humanos (Parra et al., 2002). El rango de temperatura para el desarrollo de *Salmonella* está entre 5.5°C y 45°C (Doyle y Mazzotta, 2000).

Coliformes totales

Las bacterias coliformes agrupan una variedad de bacterias que incluye a las coliformes fecales y a *Escherichia coli*. Los coliformes son una familia de bacterias que se encuentran usualmente en las plantas, el suelo y animales, incluyendo a los humanos. Aproximadamente el 95% del grupo de los coliformes presentes en heces fecales, están formados por *E. coli* (CYTED y Días, 2003).

Tabla 5-2: Tiempo aproximado de exposición a temperaturas elevadas para eliminar patógenos

Organismos	Temperatura °C	Tiempo de exposición
<i>Salmonella</i> sp	55	Se destruyen en 1 hora
	60	15–20 minutos
<i>Escherichia Coli</i>	55	La mayoría mueren en 1 hora
	57	20-30 minutos

Fuente: (Uribe, 2003; Mohedo, 2002)

Realizado por: Bryan Moreno, 2019

2.2.3.6 Calidad de los abonos orgánicos

- Análisis químico

Análisis de suelo: generalmente determina el contenido de nutrientes en la solución del suelo y los que entrarían rápidamente en la solución para las plantas. Otro tipo de análisis es el Análisis foliar o de digestión total que consiste en una digestión total de la muestra, permitiendo determinar el contenido total de nutrientes. Sin embargo, como se sabe que la tasa de liberación de nutrimentos de los abonos no es tan rápida, este valor sobrestima el aporte de los abonos orgánicos en el corto plazo (Soto y Meléndez, 2004).

- Indicadores de madurez o estabilidad

Relación carbono/nitrógeno: es considerado un compost maduro el que tenga una relación entre 20-25. Es un parámetro que debe manejarse con cuidado, ya que algunas materias primas sin

compostar, como la broza de café, pueden tener relaciones C/N similares. Debe ser utilizado como un indicador junto con otras variables de madurez (Soto y Meléndez, 2004).

La relación C/N permite tener una mayor guía del proceso de maduración. Valores altos indican materiales inmaduros que causan inmovilización del nitrógeno, mientras que en un proceso normal, la relación decrece en pocos días hasta valores de 10:1 (Baltodano, 2002).

Potencial de hidrógeno: de manera general se puede decir que el pH del compostaje depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso (entre 4,5 y 8,5) (Vásquez, 2018). En las primeras etapas del proceso, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoníaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro (Román et al., 2013).

Relación amonio/nitratos: esta relación puede variar dependiendo de las materias primas, pero, en general, un compost inmaduro va a tener mayores niveles de amonio que de nitratos (Soto y Meléndez, 2004). En los abonos maduros, en estudios realizados por Hirai et al. (1983) se encontraron variaciones del 0,03 a 18,9 en la relación $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{NO}_3\text{-N}$.

Humedad: es un factor importante que hay que tomar en cuenta para el éxito del proceso de elaboración de abonos orgánicos. Se debe adicionar suficiente agua como para favorecer la solubilización de los sustratos y la actividad microbiana (Baltodano, 2002).

La selección de la mejor humedad para comercializar un producto es un balance de criterios entre la humedad mínima que favorezca la actividad microbiana y reducir los costos de transporte de materiales muy húmedos (Meléndez y Soto, 2003).

En general, se considera que los abonos orgánicos con un 40% presentan un buen balance entre estos dos factores (Soto y Meléndez, 2004).

Temperatura: las temperaturas altas causan decrecimiento en la tasa de mineralización y el número de especies de microorganismos presentes. Es sumamente difícil mantener temperaturas constantes durante todo el proceso de elaboración de abonos, principalmente por variaciones en el contenido de humedad, la aireación y la altura de las pilas (Baltodano, 2002).

Estudios realizados por Gómez y Pilar (2008), manifiestan que en el proceso de elaboración del bocashi las temperaturas que se mantienen está entre los 40 y 55 °C.

Prueba de fitotoxicidad: la prueba de fitotoxicidad comúnmente más utilizada es la prueba de germinación, que resulta rápida, sencilla y poco costosa. Además, puede ser realizada por los agricultores en sus fincas (Soto y Meléndez, 2004).

Inocuidad: según Soto y Meléndez (2004), la inocuidad de los abonos orgánicos se refiere a eliminar, en medida de lo más posible, la probabilidad de que un abono orgánico cause daños a la salud humana. Los principales riesgos provienen de la presencia de microorganismos patógenos (*Salmonella*, *Escherichia coli*, etc.).

2.2.3.7 Ventajas del abono orgánico bocashi

Restrepo y Hensel (2009, pp. 47-48), presenta ventajas del abono orgánico bocashi de dos maneras; la primera en la elaboración del abono, y la segunda en el uso que se va a dar del abono orgánico. Las cuales se las representa en la siguiente tabla.

Tabla 6-2: Ventajas del abono orgánico bocashi

Ventajas en la elaboración	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Materiales baratos y fáciles de conseguir. ▪ Fáciles de hacer y guardar. ▪ Su elaboración es de corto tiempo. ▪ Se obtiene resultados a corto plazo y su dinámica permite crear nuevas formas alternativas de elaborarlos. ▪ No contamina el ambiente.
Ventajas en el uso	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fácil de usar. ▪ Mejoran gradualmente la fertilidad, la nutrición y la vitalidad del suelo asociada a su macro y microbiología. ▪ Estimula el ciclo vegetativo de las plantas. ▪ Mayor rendimiento del número de plantas por hectárea. ▪ Los suelos conservan su humedad y amortiguan mejor los cambios de temperatura. ▪ Mejora la permeabilidad de los suelos y su bioestructura. ▪ Proveen a la tierra una alta tasa de humus microbiológico a largo plazo.

Fuente: (Restrepo y Hensel, 2009)

Realizado por: Bryan Moreno, 2019

2.2.3.8 Dosis a utilizar de bocashi

Bertolí et al., (2015, pp. 24-25) menciona que “en terrenos con procesos de fertilización orgánica se pueden aplicar 2 kg por metro cuadrado. La aplicación debe realizarse 15 días antes de la siembra, al trasplante o en el desarrollo del cultivo. En los suelos donde nunca se ha aplicado bocashi, las dosis serán mayores (alrededor de 5 kg por metro cuadrado)”.

2.2.4 Marco Legal

2.2.4.1 Marco legal de residuos sólidos

- Marco internacional

La Cumbre de la Tierra organizada en 1992 por la ONU en Río de Janeiro, formuló cuatro áreas de programas relacionadas con los residuos:

- a) Reducción al mínimo de los residuos.
- b) Aumento al máximo de la reutilización y reciclado ecológico de los residuos.
- c) Promoción de la eliminación y el tratamiento ecológicamente racional de los residuos.
- d) Ampliación del alcance de los servicios que se ocupan de los desechos; con la finalidad de promover el desarrollo sostenible y ecológicamente racional para el siglo XXI en todos los países (ONU, 1992).

En el capítulo 21 de la Agenda 21, relacionado con el manejo de los residuos sólidos y líquidos, se establece la necesidad de modificar los modelos de consumo, reduciendo la producción de productos no sustentables. Además se señala la necesidad de impulsar el proceso de reciclaje, invertir en investigaciones y búsqueda de nuevas alternativas (Ponte de Chacín, 2008).

- Marco Nacional

El Ministerio del Ambiente (MAE) es la entidad ecuatoriana rectora, coordinadora y reguladora del sistema nacional descentralizado de gestión ambiental; sin afectar las atribuciones que en el ámbito de sus competencias y acorde a las leyes que las regulan, ejercen otras instituciones del Estado.

La Constitución Política de la República del Ecuador

Publicada en el Registro Oficial, el 20 de octubre del 2008 es la norma fundamental que contiene los principios, derechos y libertades de quienes conforman la sociedad ecuatoriana y constituye la cúspide de la estructura jurídica del Estado, en la cual establecen las siguientes garantías y principios ambientales (Asamblea Constituyente del Ecuador, 2008):

Artículo 14 de la sección segunda: “Reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, que en idioma kichwa se denomina *sumak kawsay*. De igual manera, declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados”.

Artículo 23-capítulo 2: “establece el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación”.

Artículo 276 numeral 4: “señala que el régimen de desarrollo tendrá entre otros objetivos, el recuperar y preservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable, que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad de agua, aire y suelo, y a los beneficios, de los recursos del subsuelo, y del patrimonio natural”.

Artículo 397 numerales 2 y 3: “señala de interés público la preservación del ambiente, para lo cual el Estado se compromete a establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación de espacios naturales degradados y de manejo sustentable de los recursos naturales”.

Artículo 415: “establece que los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de reducción, reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos”.

Ley de Gestión Ambiental

La Ley de Gestión Ambiental establece normas básicas para la aplicación de políticas ambientales, además considera y regula la participación de sectores públicos y privados en temas relacionados al medio ambiente con se menciona en el Artículo 2 que indica que “La Gestión ambiental se sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y respecto a las culturas y prácticas tradicionales” (Congreso Nacional, 2004).

Ley Orgánica de la Salud

Según el Ministerio de Salud Pública, (2015) establece las siguientes normas:

Capítulo II De Los Desechos Comunes, Infecciosos, Especiales Y De Las Radiaciones Ionizantes Y No Ionizantes.

Art. 97 “La autoridad sanitaria nacional dictará las normas para el manejo de todo tipo de desechos y residuos que afecten la salud humana; normas que serán de cumplimiento obligatorio para las personas naturales y jurídicas”.

Art. 98 “La autoridad sanitaria nacional, en coordinación con las entidades públicas o privadas, promoverá programas y campañas de información y educación para el manejo de desechos y residuos”.

Art. 100 “La recolección, transporte, tratamiento y disposición final de desechos es responsabilidad de los municipios que la realizarán de acuerdo con las leyes, reglamentos y ordenanzas que se dicten para el efecto, con observancia de las normas de bioseguridad y control

determinadas por la autoridad sanitaria nacional. El Estado entregará los recursos necesarios para el cumplimiento de lo dispuesto en este artículo” (Ministerio de Salud Pública, 2015).

Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA)

Permite dirigir la gestión ambiental a nivel nacional, para lograr el uso sustentable y la conservación del capital natural del Ecuador, asegurar el derecho de sus habitantes a vivir en un ambiente sano y apoyar la competitividad del país.

El Libro 6, Anexo 6, Norma de Calidad Ambiental para el Manejo y Disposición Final de Sólidos No Peligrosos establece:

De las responsabilidades en el manejo de los desechos sólidos:

El Manejo de los desechos sólidos en todo el país será responsabilidad de las municipalidades, de acuerdo con la Ley de Régimen Municipal y el Código de Salud. Las municipalidades o personas responsables del servicio de aseo, de conformidad con las normas administrativas correspondientes podrán contratar o conceder a otras entidades las actividades de servicio (MAE, 2015b).

2.2.4.2 Marco legal para elaboración de abonos orgánicos

En relación con el marco legal para la elaboración de abonos orgánicos tipo bocashi no existen aún normativas específicas vigentes nacionales aplicables a esta actividad por lo cual se ha llegado a utilizar normas internacionales referentes a la presencia de metales pesados, patógenos y vectores. Por ejemplo, la Normas EPA (Fed.Reg.40, CFR. Parte 503,1981), CFIA (T-4-120 y T-4-93), NTC 5167, NCH 2880 y las de la Unión Europea (Council Directive 86/27/278/ EEC).

Varias entidades nacionales públicas y privadas con actividades relacionadas a la producción orgánica en el Ecuador, se rigen al instructivo vigente de la Normativa General para promover y regular la Producción Orgánica–Ecológica–Biológica en el Ecuador, publicada en el registro oficial No. 34 del 11 de julio del 2013, en su Artículo 18. De la fertilidad del suelo y nutrición de las plantas señala que:

h) Para la activación del compost podrán utilizarse preparados adecuados a base de plantas o preparados de microorganismos. No se permite el uso de materiales no incluidos en el Anexo 2 en compost o enmiendas.

i) Se recomienda para el compostaje del estiércol el seguir cualquiera de los siguientes procedimientos para reducir el riesgo de contaminación microbiológica en el producto final:

1. Se aplique estiércol sin procesos de compostaje para productos no destinados al consumo humano.
2. Se aplique estiércol sin procesos de compostaje 90 días antes de la cosecha en el caso de productos que no tengan contacto con el suelo y 120 días antes de la cosecha para productos cuya parte comestible tenga contacto con el suelo.
3. El estiércol se someta a un proceso de compostaje en donde se garantice y registre que la relación C/N de las materias primas se encuentre dentro del rango de 25:1 a 40:1, que a lo largo del proceso de compostaje se den 5 volteos y al menos durante 5 semanas se mantenga dentro de un rango de temperatura de 55°C a 76°C.
4. El estiércol fresco sea tratado de forma de que todo el producto, sin causar combustión, alcance una temperatura de 66°C por al menos 1 hora o de 74°C, y que sea deshidratado a un máximo de humedad del 12% o sometido a un proceso de deshidratación equivalente.
5. El compost sea sometido a cualquier proceso equivalente cuyos resultados microbiológicos no sobrepasen los 1000 NMP (número más probable) de coliformes fecales por gramo de estiércol procesado y no más de 3 NMP de Salmonella por cada 4 gramos de estiércol procesado (MAGAP, 2013, pp. 43-45).

Dentro del Anexo I de la Normativa General para promover y regular la Producción Orgánica–Ecológica–Biológica en el Ecuador, Fertilizantes y acondicionadores de suelo, se aprecian algunos componentes utilizados en la elaboración del abono orgánico bocashi (tabla 7-2).

Tabla 7-2: Apartados del Anexo I

COMPONENTES EMPLEADOS EN EL BOCASHI	CARACTERÍSTICAS
Estiércol de granja	Producto constituido mediante la mezcla de excrementos de animales y de materia vegetal (cama). Su aplicación debe cumplir lo establecido en el artículo correspondiente al uso de estiércol. Debe someterse a un proceso de fermentación o dilución controlada previo a su uso para garantizar inocuidad de los productos comestibles.
Estiércol desecado y gallinaza deshidratada	Su aplicación debe cumplir lo establecido en el artículo correspondiente al uso de estiércol. Debe someterse a un proceso de fermentación o dilución controlada previo a su uso para garantizar inocuidad de los productos comestibles.

Continuación

<p>Excrementos líquidos de animales</p>	<p>Su aplicación debe cumplir lo establecido en el artículo correspondiente al uso de estiércol. Debe someterse a un proceso de fermentación o dilución controlada previo a su uso para garantizar inocuidad de los productos comestibles.</p>
<p>Residuos domésticos compostados o fermentados</p>	<p>Producto obtenido a partir de residuos domésticos separados en función de su origen, sometido a un proceso de compostaje o a una fermentación anaeróbica para la producción de biogás. Únicamente residuos domésticos vegetales y animales. Únicamente cuando se produzcan en un sistema de recogida cerrado y vigilado, aceptado por el estado miembro. Concentraciones mg/kg de materia seca: cadmio: 0,7; cobre 70; níquel: 25; plomo:45; zinc: 200; mercurio: 0,4; cromo total: 70; cromo VI: 0.</p>
<p>Mezclas de materias vegetales compostadas o fermentadas</p>	<p>Producto obtenido a partir de mezclas de materias vegetales, sometidos a un proceso de compostaje o a una fermentación anaeróbica para la producción de biogás.</p>
<p>Cenizas de madera</p>	<p>A base de madera no tratada químicamente después de la tala.</p>

Fuente: (MAGAP, 2013, pp. 157-160)

Elaborado por: Bryan Moreno, 2019

CAPÍTULO III

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Lugar de Estudio

3.1.1 *Datos generales del Cantón Riobamba*

De acuerdo con el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial la provincia de Chimborazo y su cantón Riobamba por encontrarse dentro de ésta, corresponden a la zona 3 a la cual también pertenecen las provincias de Cotopaxi, Pastaza y Tungurahua (GADM RIOBAMBA, 2015).

Ubicación

El cantón Riobamba está ubicado a 2.754 metros sobre el nivel del mar, a 1° 41' 46" latitud Sur; 0° 3' 36" longitud Occidental del meridiano de Quito. Se encuentra a 175 km. al sur de la ciudad de Quito, en la región Sierra Central y es la capital de la Provincia de Chimborazo (GADM RIOBAMBA, 2015).

Límites

Norte: Cantones de Guano y Penipe

Sur: Cantones de Colta y Guamote

Este: Cantón Chambo

Oeste: Provincia de Bolívar

División Política

El cantón Riobamba está conformado por cinco parroquias urbanas: Maldonado, Veloz, Lizarzaburu, Velasco y Yaruquíes; y también de once parroquias rurales: San Juan, Licto, Calpi, Quimiag, Cacha, Flores, Punín, Cubijés, San Luis, Pungalá y Licán (GADM RIOBAMBA, 2015).

Densidad poblacional

En el cantón Riobamba según el INEC, Censo de población y vivienda 2010, existe una población total de 225.741 habitantes, dando un porcentaje del 49% de individuos en relación con la provincia de Chimborazo (GADM RIOBAMBA, 2015).

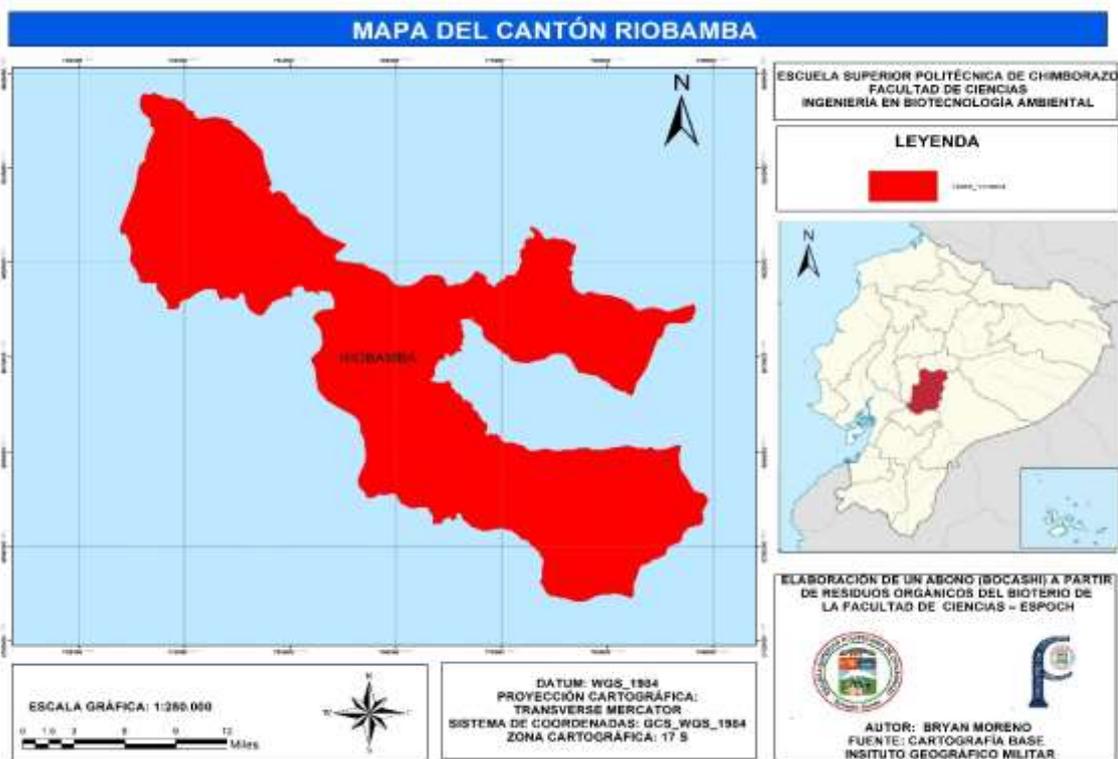


Figura 1-3: Mapa del Cantón Riobamba
Realizado por: Bryan Moreno, 2019

3.1.2 Datos generales de la ESPOCH

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo es una institución ecuatoriana de educación superior, con sede central en la ciudad de Riobamba, en la parroquia urbana Lizarzaburu en la Panamericana Sur km 1 1/2. Desde 2012 pertenece a la Red Ecuatoriana de Universidades para Investigación y Postgrados (ESPOCH, 2019).

3.1.3 Lugar experimental

El lugar de práctica en el que se procedió a realizar el proyecto investigativo es en el Centro de acopio de residuos sólidos de la ESPOCH, ubicado en:

País: Ecuador

Provincia: Chimborazo

Cantón: Riobamba

Parroquia: Lizarzaburu

Dirección: Zona noroeste de la ESPOCH, adyacente a la Facultad de Recursos Naturales, frente al centro Agrometeorológico de la institución.

La función del centro de acopio es la de recibir los residuos que pueden ser aprovechados en la elaboración de abonos orgánicos, a través de tratamientos como compostaje, entre otros. Aquí se desarrollan diversos proyectos de carácter educativo y de desarrollo ambiental con el propósito de mejorar el conocimiento y destrezas de los estudiantes y la calidad ambiental de la institución.

Ubicación Geográfica:

Altitud: 2.843 msnm

Latitud: 1°39'3.26"S

Longitud: 78°41'10.19"O

Características Climáticas:

Temperaturas: Máxima: 21,5°C
Mínima: 7,2°C
Promedio: 13.3°C

Humedad relativa: Máxima: 95.7%
Mínima: 36.3%
Promedio: 73%

Precipitación media anual: 561 mm



Figura 2-3: Mapa de ubicación del Centro de Acopio-ESPOCH
Realizado por: Bryan Moreno, 2019

3.2 Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación es descriptivo porque permite describir variables e identificar las diferentes fases y características del proceso de la elaboración de bocashi.

Por el tipo de enfoque es cualitativa y cuantitativa, cualitativa porque nos permite determinar las cualidades del producto como el color, olor y textura mediante apreciación sensorial; cuantitativa porque durante el proceso de elaboración de bocashi se van a obtener datos que nos permitirán evaluar parámetros como temperatura, pH, materia orgánica, etc., y verificar los resultados obtenidos al final de la investigación.

Por el tipo de investigación es aplicada porque propone una alternativa para tratar los residuos orgánicos generados en el bioterio de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, para ser aprovechados mediante la elaboración de un abono orgánico (bocashi), y minimizar el tiempo de tratamiento del método actual que se lleva a cabo.

Por su temporalidad es longitudinal ya que se van a medir y recolectar los diferentes datos a través de un determinado tiempo, para ser analizados y verificar la evolución del tratamiento.

3.2.1 Selección de la muestra

La técnica utilizada para la recolección de las muestras fue el método del cuarteo, tomando 4 submuestras de diferentes partes de las unidades experimentales, con la finalidad de obtener una muestra representativa de 1 kilogramo para los respectivos análisis en el laboratorio.

3.3 Metodología

3.3.1 Materiales y equipos

Todos los materiales y equipos manipulados durante el proceso y desarrollo del proyecto en la parte de campo se mencionan en la siguiente tabla según su actividad.

Tabla 1-3: Materiales y equipos para la elaboración de bocashi

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN		CANTIDAD
Recolección y preparación del residuo orgánico del bioterio y del mercado mayorista	EQUIPOS	Calculadora	1 unidad
		Balanza mecánica	1 unidad
	MATERIALES	Cernidero	1 unidad
		Escoba	1 unidad
		Fundas industriales	varias
		Sacos nylon	varios
		Guantes de látex	varios
		Mascarillas de seguridad	2 unidades
		Libreta de campo	1 unidad
	Palas	2 unidades	
MAQUINARIA	Vehículo tipo camioneta	1 unidad	
Recolección del estiércol de cerdo	EQUIPOS	Balanza mecánica	1 unidad
		Calculadora	1 unidad
	MATERIALES	Palas	2 unidades
		Mascarillas rectangulares	2 unidades
		Guantes de látex	varios
		Botas de caucho	2 pares
		Tanques de plástico abiertos de 40 galones	3 unidades
		Baldes de 5 galones	2 unidades
	MAQUINARIA	Vehículo tipo camioneta	1 unidad
Recolección de: gallinaza, tierra, carbón, cal, zeolita, ceniza y afrecho de trigo	EQUIPOS	Balanza mecánica	1 unidad
		Calculadora	1 unidad
	MATERIALES	Sacos nylon	Varios
		Pala	1 unidad
MAQUINARIA	Vehículo tipo camioneta	1 unidad	
Construcción de las pilas	EQUIPOS	Termómetro	1 unidad
		Balanza mecánica	1 unidad
		Higrómetro	1 unidad
	MATERIALES	Palas	2 unidad
		Guantes de látex	Varios
		Mascarillas de seguridad	Varios
		Libreta de campo	1 unidad
Recipiente plástico	1 unidad		
Monitoreo del proceso	EQUIPOS	Termómetro	1 unidad
		Higrómetro	1 unidad
	MATERIALES	Manguera	1 unida
		Pala	1 unidad
Verificación del rendimiento del proceso	EQUIPO	Balanza mecánica	1 unidad
	MATERIALES	Sacos nylon	Varios
		Palas	2 unidad
		Escoba	1 unidad

Realizado por: Bryan Moreno, 2019

3.3.2 Parte experimental

El proyecto investigativo se lo realizó con cuatro unidades (cuatro pilas), no se manipularon variables, únicamente se realizó un control de éstas para un apropiado manejo del proceso y para lograr establecer las condiciones idóneas para obtener un producto de calidad.

La investigación se llevó a cabo entre los meses de abril a julio del 2019. Para la formación de las pilas misma se emplearon las metodologías descritas en Bertolí et al. (2015), Restrepo (2007) y Ramos et al. (2014), adaptándolos a los materiales y la cantidad que se tenía como residuos en el bioterio de la Facultad de Ciencias y otros cerca del lugar experimental.

Tabla 2-3: Componentes utilizados para la elaboración del abono orgánico bocashi

TRATAMIENTO	MATERIALES	CANTIDAD	ESTADO
PILA 1	Cascarilla de arroz (tamo)	222,22 kg	Seco
	Tierra común	222,22 kg	Seco
	Gallinaza	222,22 kg	Seco
	Melaza	1 L	Líquido
PILA 2	Cascarilla de arroz (tamo)	181,41 kg	Seco
	Tierra común	181,41 kg	Seco
	Gallinaza	181,41 kg	Seco
	Carbón triturado	90,7 kg	Seco
	Afrecho de trigo	9,07 kg	Seco
	Cal agrícola	9,07 kg	Seco
	Compost	9,07 kg	Seco
	Levadura para pan	200 g	Sólido
	Melaza	2 L	Líquido
PILA 3	Cascarilla de arroz (tamo)	125 kg	Seco
	Tierra común	187,5 kg	Seco
	Estiércol de cerdo	312,5 kg	Fresco
	Afrecho de trigo	12,5 kg	Seco
	Ceniza	45 kg	Seco
	Zeolita molida	12,5 kg	Seco
PILA 4	Cascarilla de arroz (tamo)	72,9 kg	Seco
	Tierra común	72,9 kg	Seco
	Residuos orgánicos de mercado	380,64 kg	Fresco
	Carbón triturado	29,03 kg	Seco
	Estiércol de ratón	74,20 kg	Seco
	Afrecho de trigo	15,48 kg	Seco
	Levadura para pan	142 g	Sólido
	Melaza	2,6 L	Líquido

Realizado por: Bryan Moreno, 2019

3.3.2.1 Elaboración del abono orgánico bocashi

Obtención de los componentes para la elaboración del bocashi

Para la realización de este trabajo investigativo, los componentes requeridos en mayor cantidad fueron obtenidos de manera gratuita. Los residuos orgánicos (tamo), en mezcla con las heces de ratas y ratones del bioterio de la Facultad de Ciencias-ESPOCH se recolectaron previamente al montaje de las pilas, con la recolección de seis meses (sep. 2018-feb. 2019) y trasladados al centro

de acopio para posteriormente separar del tamo las heces de los roedores; los residuos orgánicos de mercado fueron obtenidos del Mercado Mayorista del cantón Riobamba formado principalmente de residuos de hortalizas; la tierra común o arcillosa se consiguió de un terreno aledaño al Centro de acopio; el carbón se lo obtuvo en la parroquia Licán, de sobras de la elaboración del carbón vegetal, cabe mencionar que las sobras o residuos son los trozos pequeños (de 1 a 3 cm) de carbón que no sirven para venta; las cenizas provinieron de dos panaderías que tienen hornos a leña en la ciudad de Riobamba; el estiércol de cerdo se lo obtuvo de chancheras en la comunidad de Abras Nubes; el compost maduro se lo tomó del mismo centro de acopio de la institución. La gallinaza y la cal agrícola se compró en Cajabamba; los demás componentes como el afrecho de trigo, melaza, levadura para pan y zeolita se compró en un centro agropecuario de la ciudad de Riobamba.

Montaje de las pilas de bocashi

Antes de mezclar los ingredientes de cada tratamiento, los residuos de mercado fueron picados hasta obtener partículas de aproximadamente 2 a 5 cm, luego fueron esparcidos y secados a la sombra durante tres días, el carbón no hubo necesidad de triturar o picar ya que ya estaba de un tamaño de 2 a 3 cm, y la tierra común fue tamizada para excluir algún material extraño como piedras, palos u otros. La melaza fue diluida en un recipiente con agua al igual que la levadura para pan.

Para efectuar la mezcla, los materiales fueron ordenados en capas hasta formar un montículo o pila de forma trapezoidal, posteriormente se hace volteos para homogenizar los componentes hasta formar de nuevo un montículo de una altura aproximada de 90 cm. Durante el mezclado se añadió agua para asegurar que el contenido de humedad de la pila fuera de alrededor del 55 %.

Control de la temperatura, humedad y aireación

Una vez conformadas las cuatro pilas de bocashi y verificada la humedad de todas éstas, se dejaron en reposo por 24 horas. Para el control de la temperatura y la humedad se establecieron 6 puntos de medición en cada pila; las pilas 1 y 2 sobrepasaron los 55 °C y se procedió a dar volteos; las pilas 3 y 4 fueron cubiertas con lonas de nylon en los dos primeros días de elaboración para que aumente la temperatura, el primer volteo se realizó a las 48 h del montaje llegando a alcanzar temperaturas sobre los 45 °C.

El control de temperatura se realizó dos veces por día, una en la mañana y otra en la tarde durante los 38 días de duración del tratamiento, posteriormente en la etapa de maduración se midió una vez por día, tres veces por semana durante 60 días, con un termómetro digital portátil.

El control de la humedad se hizo una vez al día, tres veces por semana durante los 38 días de tratamiento, con un higrómetro de jardín.

La aireación de las pilas se realizó mediante volteos manuales, cuando las pilas tenían una temperatura mayor a 45 °C. En general se realizaron dos volteos por día durante los siete primeros días, posteriormente sólo se realizó un volteo diario a todos los tratamientos hasta que llegaron a una temperatura ambiente promedio. En este punto se dieron por terminados los volteos y se redujo la altura de las pilas a 35 cm aproximadamente; posteriormente se dio paso a la etapa de maduración (60 días).

Toma de muestras y tiempo de elaboración del bocashi

Las pilas se armaron el 19 de abril del 2019 y el proceso finalizó el 24 de julio del mismo año. La muestra inicial se tomó el día del montaje, posteriormente se tomaron muestras a los 7, 14, 21, 28, 38, 68 y 98 días después de haber iniciado los tratamientos; antes de tomar las muestras, la pila fue homogenizada y luego muestreada dividiéndola en cuatro partes, según el método del cuarteo hasta obtener una muestra de 1 kg. Por cada pila se tomaron 8 muestras para los posteriores análisis de laboratorio.

Análisis físicos, fisicoquímicos y biológicos

Los parámetros analizados en los laboratorios de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH fueron: pH, conductividad eléctrica, humedad, materia orgánica, carbono y nitrógeno. El índice de germinación (IG) se realizó en las muestras tomadas el día 0, 38 y 98. Las técnicas empleadas para la caracterización de estos parámetros constan en los siguientes anexos: **Anexo K:** Técnica para la determinación de materia orgánica, **Anexo L:** Técnica para la determinación de pH y Conductividad eléctrica, **Anexo M:** Técnica para determinar el índice de germinación y el **Anexo N:** Técnica para determinación de nitrógeno y Carbono.

Tabla 3-3: Análisis realizados sobre el bocashi en la Facultad de Ciencias

ANÁLISIS	LABORATORIO	EQUIPO
pH y CE	Investigación	pHmetro BOECO BT-675, conductímetro BOECO CT-676
MO	Química Analítica	Estufa ESCO Isotherm, mufla VULCAN A-550
IG	Biotecnología	Incubadora ESCO Isotherm
N y C	Protección Ambiental	Thermo Scientific Flash 2000 organic elemental analyzer

Realizado por: Bryan Moreno, 2019

pH: Potencial de Hidrógeno, **CE:** Conductividad eléctrica, **MO:** Materia orgánica, **IG:** Índice de germinación, **N:** Nitrógeno, **C:** Carbono

Los análisis correspondientes a P, K y microbiológicos de las muestras del día 1, 38 y 98 fueron realizados en los laboratorios de la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario (AGROCALIDAD).

Determinación del rendimiento de los tratamientos

Por diferencia de peso se determinó el rendimiento del proceso. Se tomó en cuenta el peso de las muestras extraídas para analizar en laboratorios.

Costos de los tratamientos

Al tratarse de residuos, la mayoría de los componentes de los tratamientos se obtuvieron de forma gratuita. Sin embargo, se consideraron los siguientes valores que correspondieron a la compra y transporte de algunas sustancias.

Tabla 4-3: Costo de cada tratamiento

TRATAMIENTO	COSTO (\$)
PILA 1	19
PILA 2	28
PILA 3	12
PILA 4	16
TRANSPORTE	50
TOTAL	125

Realizado por: Bryan Moreno, 2019

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Análisis y discusión de resultados

4.1.1 Caracterización fisicoquímica de las muestras iniciales

Tabla 1-4: Caracterización fisicoquímica de las muestras iniciales.

PARÁMETROS ANALIZADOS		TAMO	ESTIÉRCOL DE RATONES	PILA 1	PILA 2	PILA 3	PILA 4
Parámetro	Unidad	Resultados					
NT	%	0,92	2,24	0,85	0,72	0,51	0,71
P ₂ O ₅	%	0,09	3,57	0,51	0,77	0,54	0,40
K ₂ O	%	0,73	2,24	0,57	0,68	0,73	0,37
MO	%	80,2	86,67	56,92	59,77	37,75	60,55
pH	Unidades	ND	ND	6,51	9,05	9,92	8,72
CE	dS/m	ND	ND	2,35	2,76	2,09	2,03

Fuente: (AGROCALIDAD, 2019)

Realizado por: Bryan Moreno, 2019

NT: Nitrógeno Total, P₂O₅: Fósforo, K₂O: Potasio, MO: Materia Orgánica, CE: Conductividad eléctrica; ND: No definido

La composición química del bocashi depende principalmente de los residuos vegetales y animales utilizados en su elaboración (Gandahi y Hanafi, 2014). En la tabla 1-4 se muestran los resultados de los análisis del tamo y el estiércol de ratones provenientes del bioterio, y de las muestras recolectadas el día del montaje de todos los tratamientos debidamente mezclados con todos los componentes, es decir las muestras del día 0, donde se puede observar que los resultados de macronutrientes son relativamente bajos; la conductividad eléctrica en todos los tratamientos es baja; y el pH es ligeramente alcalino en todas las pilas excepto en la pila 1, que muestra un resultado ligeramente ácido, esto se debe a los componentes de partida para la realización de cada tratamiento del bocashi (Ramos y Terry, 2014, p. 53).

4.1.2 Parámetros analizados

4.1.2.1 Parámetros de control del proceso

Temperatura

En el gráfico 1-4 se observó que las temperaturas de las pilas 3 y 4 durante los dos primeros días de tratamiento no alcanzaron temperaturas altas, es posible que esto se haya debido al exceso de humedad presente, la cual satura los poros y dificulta la entrada de oxígeno a las pilas, de manera que pudo haber afectado la actividad microbológica por la falta de oxígeno (Restrepo, 2007, p. 20), resultados similares se presentaron en el trabajo de (Ramos et al., 2014, p. 95). Las pilas 1 y 2 presentaron temperaturas altas ($>50\text{ }^{\circ}\text{C}$) aproximadamente a partir de las 15 horas de iniciado el experimento, posiblemente debido a la alta actividad microbológica (Restrepo y Hensel, 2009, p. 20).

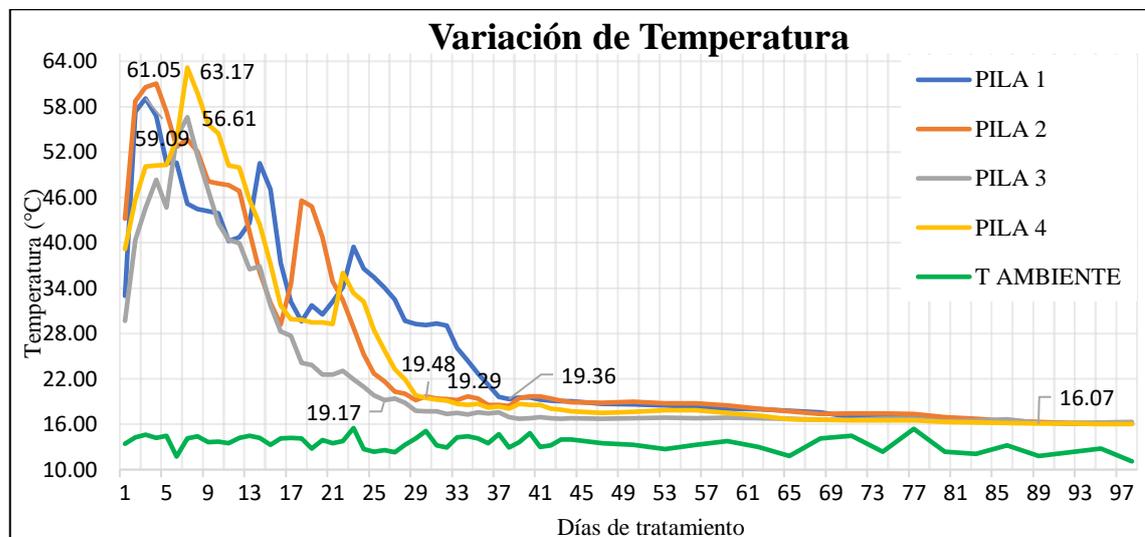


Gráfico 1-4: Variación de la temperatura en los tratamientos

Realizado por: Bryan Moreno, 2019.

Las temperaturas máximas correspondieron a $63,17\text{ }^{\circ}\text{C}$ de la pila 4; $61,05\text{ }^{\circ}\text{C}$ de la pila 2; $59,09\text{ }^{\circ}\text{C}$ de la pila 1 y $56,61\text{ }^{\circ}\text{C}$ de la pila 3, debido al incremento de la actividad microbiana procedente de la diversidad de componentes del sustrato (pilas) caracterizado por su riqueza en nutrientes (Bertolí et al., 2015, p. 16), cabe mencionar también que es importante alcanzar estas temperaturas para eliminar patógenos presentes en los tratamientos y permitir una rápida descomposición de la materia orgánica (Zhang et al., 2013, pp. 70-72). Resultados semejantes se obtuvieron en el estudio de (Masó y Blasi, 2008, p. 5122), en el tratamiento de bocashi.

En todas las pilas la fase de fermentación o termofílica duró aproximadamente un promedio de 7 días, esto ayudó a la eliminación de moscas, larvas y huevos de insectos. En los siguientes 25 días los tratamientos entraron a la etapa mesofílica disminuyendo la actividad microbiana, lo que

puede estar relacionado con el agotamiento o la disminución de la fuente de energía que retroalimentaba el proceso. En esta fase predominan materiales altamente resistentes como la lignina y las celulosas (Kaur y Ansal, 2010) y la cascarilla de arroz que es un residuo rico en sílice que tarda en degradarse y contiene carbono difícil de degradar (Genevini et al., 2012; Pode, 2016).

En el período mesofílico se observó picos de subida y bajada de la temperatura en las pilas 1, 2 y 4, posiblemente debido a la adición de agua a estas pilas, activando así las poblaciones microbianas (Soto y Meléndez, 2004, p. 92). En la pila 3 no se observó este comportamiento ya que no necesitó de humedad adicional, pero este tratamiento tuvo un descenso rápido de la temperatura en la fase mesófila, resultados similares se presentaron en el trabajo de elaboración de abonos orgánicos (Meng et al., 2017, p. 25).

Cumplidas las fases anteriores, los tratamientos presentaron temperaturas promedio cercanas a las del ambiente. La etapa de maduración duró 60 días, en donde la degradación de los materiales orgánicos que aún permanecen fue más lenta, para posteriormente llegar a su estado óptimo (Bertoli et al., 2015, p. 16).

Potencial de Hidrógeno (pH)

Según Yugsi (2011), el pH varía con el tiempo durante el proceso de compostaje debido a su acción sobre los microorganismos, por lo que se convierte en una medida fundamental para evaluar el ambiente microbiano y la estabilización de los residuos.

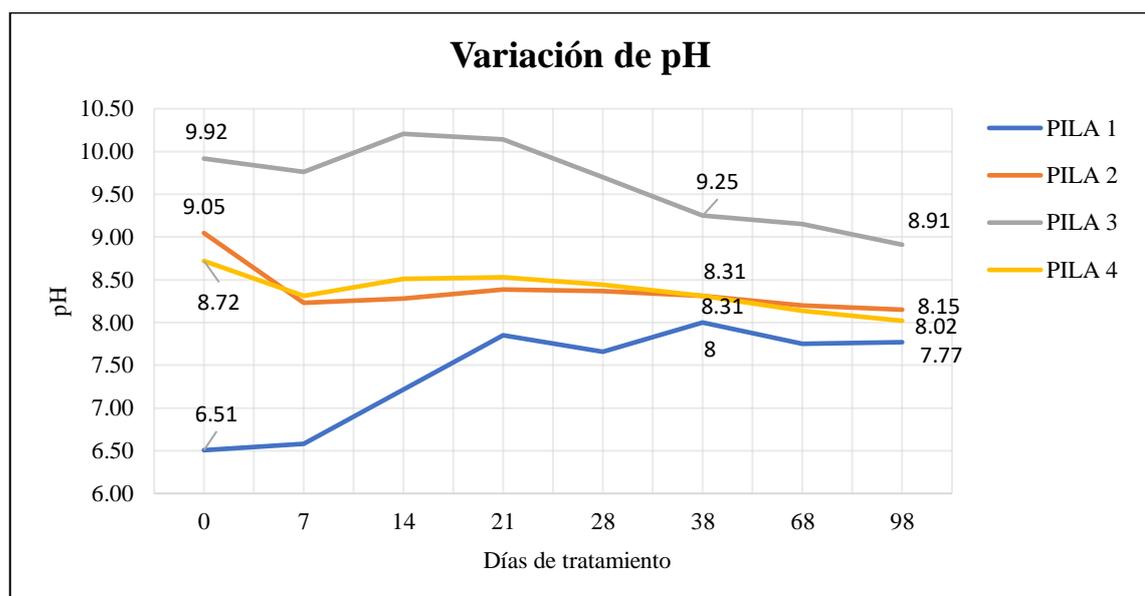


Gráfico 2-4: Variación de pH de los tratamientos

Realizado por: Bryan Moreno, 2019

Los valores iniciales de pH presentados en el gráfico 2-4 varía con la composición de cada pila (tabla 2-3), ya que algunas materias primas pueden aumentar el pH (Ramos y Terry 2014, p. 53), como

la ceniza vegetal, zeolita y cal agrícola presentes en las pilas 2, 3 y 4; en la pila 1 no se agregaron estos componentes.

La pila 1 presentó un pH de 6,51. Conforme avanzó el proceso el pH fue aumentando, dando como resultado un pH de 8 a los 38 días y al finalizar la etapa de maduración terminó en un valor cercano a la neutralidad de 7,77. El aumento de este parámetro durante el proceso es el resultado de la degradación y la mineralización de los compuestos orgánicos (Tighe et al., 2014, p. 352). Según Castrillón et al., (2006) la generación de amoníaco procedente de la descomposición de las proteínas producen una alcalinización, para posteriormente estabilizarse en valores cercanos a la neutralidad. Posiblemente la descomposición de la gallinaza, rica en nitrógeno contribuyó a lo observado.

Los valores iniciales de pH en las pilas 2, 3 y 4 fueron básicos: 9,05; 9,92 y 8,72 respectivamente. En los primeros 7 días se mostró un decrecimiento de este parámetro en todos los tratamientos, esto debido a la acción de los microorganismos sobre la materia orgánica más frágil, ocasionando una liberación de ácidos orgánicos (Castrillón et al., 2006), luego el pH aumentó posiblemente a consecuencia de la mineralización de compuestos orgánicos, ya que muchos de estos hacen decrecer la concentración de amonio debido a la conversión a nitrato, o a la volatilización como amoníaco (Tighe et al. 2014, p. 352; Boulter-Bitzer et al., 2006) y desciende nuevamente conforme avanza el proceso como consecuencia de la descomposición de los lípidos y glúcidos en ácido pirúvico y de proteínas en aminoácidos (Navarro y Navarro, 2014, pp. 185-190).

Los valores finales de pH de las pilas 1, 2 y 4 estuvieron dentro de los rangos aceptables según lo establecido en la legislación española sobre fertilizantes. El pH de la pila 3 mostró un valor alto pero similar al trabajo realizado por (Ramos et al. 2014, p. 93). Si bien no está en el rango permisible según la legislación española (6.5 a 8.5) (BOE, 2013), cabe destacar que la NTC 5167 (2004) permite pH en abonos orgánicos entre el rango comprendido de 4 a 9. Altamirano y Cabrera (2006, p. 80) en una investigación relacionada, considera que valores de pH entre 6 y 9 son aceptables para la comercialización de un abono. Van Eekeren et al. (2009) menciona que la alcalinidad o acidez de un abono tiene mucho que ver con los materiales dominantes durante el proceso del abono. Esta pila fue elaborada con cenizas de madera y zeolita razón por la cual presentó el pH más alcalino.

Conductividad Eléctrica (CE)

Según Gordillo y Chávez (2010, p. 4) la conductividad eléctrica tiende generalmente a crecer durante el proceso de compostaje por la mineralización de la materia orgánica.

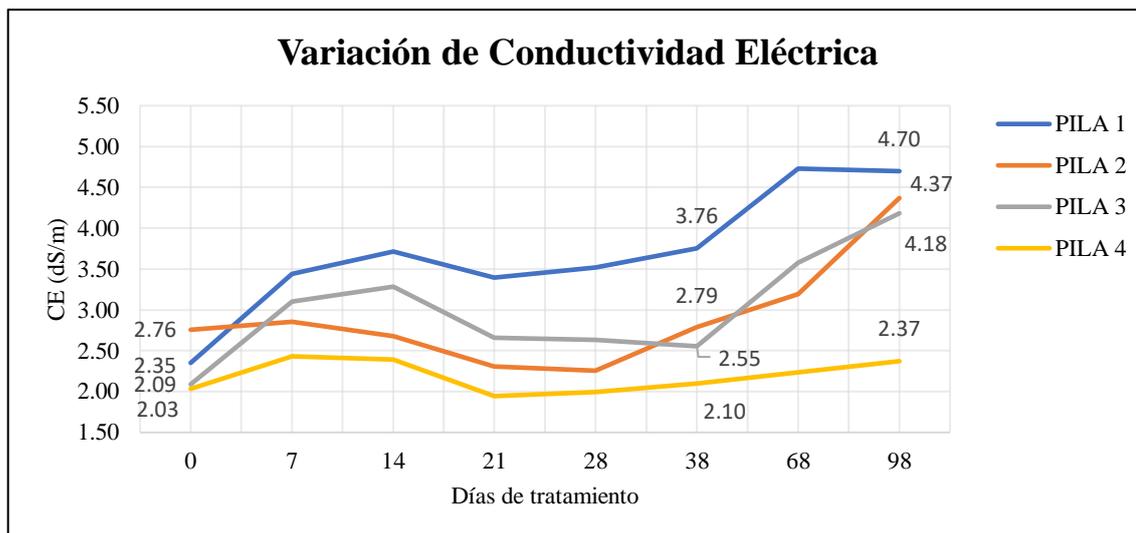


Gráfico 3-4: Variación de la conductividad eléctrica de los tratamientos
Realizado por: Bryan Moreno, 2019.

Como se puede observar en el gráfico 3-4 en todos los tratamientos hay una tendencia al aumento de la CE y en el período de maduración se observó claramente que estos valores aumentaron aún más. Resultados similares se obtuvieron en el trabajo de Labarca et al. (2018, p. 119). Es posible que estos valores sean atribuidos a la liberación de sales con el paso del tiempo de los diferentes tipos de estiércoles utilizados (Irshad et al. 2013, p. 119).

Todos los tratamientos presentaron valores de CE inferiores a 6 dS/m, lo cual es óptimo para un abono orgánico de calidad según la norma (US Composting Council, 2001).

4.1.2.2 Parámetros fisicoquímicos

Materia Orgánica (MO)

El proceso de descomposición de residuos orgánicos está mediado por la actividad de los microorganismos (Boulter et al., 2000). El porcentaje de MO inicial de la pila 4 fue el más alto (63,62%), seguido de las pilas 2 y 1 (60,56% y 59,54% respectivamente). La pila 3 mostró el porcentaje más bajo (39,94%). Los diferentes valores de MO pudieron deberse a los materiales de partida (Restrepo, 2010; Ramos y Terry, 2014) que se utilizaron para el montaje de los tratamientos (tabla 2-3).

El gráfico 4-4 refleja un descenso de MO en todas las pilas. En el período de maduración (60 días) la pérdida de MO fue menor posiblemente por el agotamiento de la fuente de energía que retroalimenta el proceso (Kaur y Ansal, 2010).

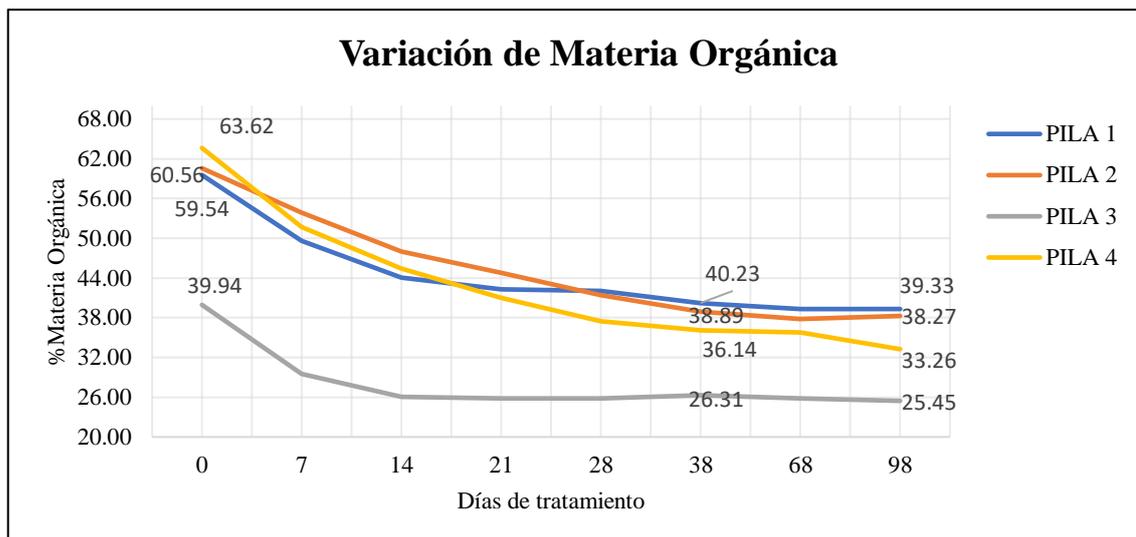


Gráfico 4-4: Variación de materia orgánica de los tratamientos
Realizado por: Bryan Moreno, 2019.

Según Pérez et al. (2008, p. 24) el proceso de descomposición de la MO se presenta en rangos de temperatura en los que predominan microorganismos mesófilos (hasta los 50 °C) y termófilos (hasta poco más de 60 °C) desprendiéndose una gran cantidad de calor y CO₂ como producto de la oxidación de la materia orgánica.

Al final del proceso la pila 1 presentó el mayor porcentaje de MO (39,33%), seguido de la pila 2 (38,27%) y la pila 4 (33,26%). La pila 3, por contener desde el inicio la menor cantidad de MO presentó el porcentaje más bajo (25,45%). Resultados similares fueron obtenidos en los trabajos de (Ramos et al., 2014; Pérez et al., 2008; Silva et al., 2014). Se considera que estos valores son adecuados para que se realice una descomposición completa en el suelo y se asegure una buena mineralización para poder ser empleados como enmiendas orgánicas para fines agrícolas (Riveros et al., 2008, p. 237). Los porcentajes de MO de las pilas 1 y 2 no presentaron diferencias significativas (tabla 3-4).

Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)

Según Castillo et al. (2002), para que ocurra un proceso óptimo de compostaje, debe existir un balance C/N adecuado. El carbono es necesario como fuente de energía y el nitrógeno es indispensable para el crecimiento y la reproducción de los microorganismos.

En el gráfico 5-4 se puede observar la relación C/N inicial y final de los tratamientos. La pila 2 presentó el valor inicial más alto (34,73); luego la pila 4 (33,21); seguido de la pila 1 (25,72); mientras que la pila 3 presentó el valor más bajo (23,6).

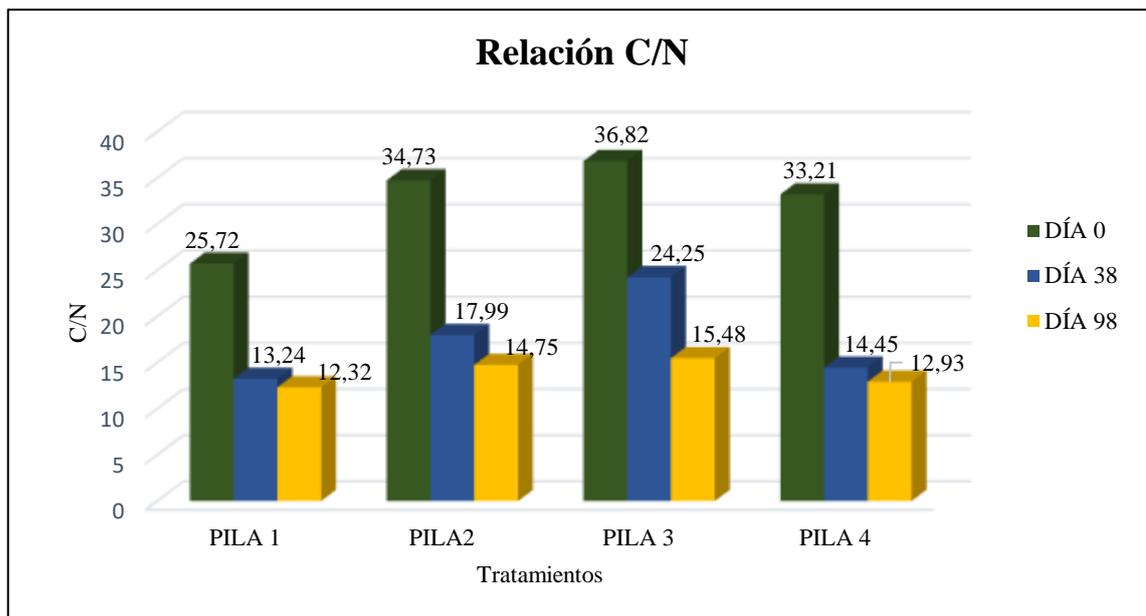


Gráfico 5-4: Relación C/N de los tratamientos

Realizado por: Bryan Moreno, 2019.

Restrepo (2007, p. 21) menciona que la relación C/N teórica y óptima para la fabricación de un buen abono de rápida fermentación es de 25 a 35.

La relación C/N final en todos los tratamientos se encuentra en el rango comprendido entre 12,32 y 15,48. Resultados similares se obtuvieron en los trabajos de (Ramos et al., 2014; Silva, et al., 2014; Masó y Blasi, 2008). La relación C/N va disminuyendo en el proceso en función de los materiales de partida (Silva et al., 2014, p. 10).

En el documento Compost Standards of Canada (2003), citado por Soto y Meléndez (2004, p. 94) se considera un compost maduro cuando tiene una relación menor al rango 20-25. Sin embargo, son varios los trabajos que afirman que un abono de calidad debe tener una relación C/N menor que 20, ya que significa que la materia orgánica se ha degradado fácilmente (Meléndez, 2003). Esta relación es considerada como el índice de la velocidad de descomposición del abono y la posterior mineralización de sus nutrimentos (Ramos et al., 2014).

4.1.3 Caracterización química de los tratamientos

4.1.3.1 Contenido de macronutrientes

Gandahi y Hanafi (2014), mencionan que la composición química del bocashi depende principalmente de los residuos vegetales y animales utilizados en su elaboración.

En el caso del NT, como se observa en la tabla 2-4 en todas las pilas fue evidente que la mayor concentración de este elemento se presentó al final de la etapa de maduración (día 98), resultados

similares se obtuvieron en el estudio de Ramos et al. (2014, p. 92), donde el mayor contenido de N se presentó a los 120 días; lo que sugiere que durante ese tiempo se mantiene el proceso de mineralización de este elemento.

Tabla 2-4: Contenido de N, P y K del bocashi

TRATAMIENTO	PARÁMETROS ANALIZADOS	UNIDAD	RESULTADOS	
			DÍA 38	DÍA 98
PILA 1	NT	%	1,65	1,74
	P ₂ O ₅	%	1,06	0,72
	K ₂ O	%	1,09	0,82
PILA 2	NT	%	1,13	1,41
	P ₂ O ₅	%	1,46	0,97
	K ₂ O	%	1,35	1,03
PILA 3	NT	%	0,59	0,89
	P ₂ O ₅	%	0,89	0,89
	K ₂ O	%	1,24	1,12
PILA 4	NT	%	1,36	1,40
	P ₂ O ₅	%	0,82	0,75
	K ₂ O	%	1,06	0,96

Fuente: (AGROCALIDAD, 2019)

Realizado por: Bryan Moreno, 2019

NT: Nitrógeno Total, P₂O₅: Fósforo, K₂O: Potasio

El porcentaje más bajo de N fue el de la pila 3, en el día 38, se obtuvo 0,59%, porcentaje similar al obtenido por Silva et al. (2014, p. 9-10) que cosechó el bocashi a las 30 días de elaboración con un 0,50% de N; por otro lado, a los 98 días presentó un 0,89%, resultado similar al obtenido por Labarca et al. (2018, p. 117).

Soto (2003, p. 39), menciona que la pérdida de N en este tipo de abonos se da posiblemente debido a la desnitrificación (el paso de nitratos a formas más reducidas de nitrógeno) y se ve favorecida en pH elevados y cuando se compostan excretas frescas; estos factores estuvieron presentes en la pila 3.

Por otro lado, la FAO et al. (1991), menciona que los parámetros de N deben ir de 0,4% a 3,5% para ser considerado un compost con valores de calidad óptimos. Así también, Soto y Meléndez (2004, p. 93), mencionan que, con respecto al N, que es un elemento continuamente utilizado como indicador de la calidad nutricional del abono, en Costa Rica se han ido formando rangos de contenidos esperados por proceso y por materia prima. Por ejemplo, las gallinazas en general tienen rangos entre 1 y 3% de N, los bocashi varían entre 0,9 y 1,5% de N, el compost de 1 a 1,5% y el lombricompost de 1,5 a 2,5%.

Los contenidos finales de NT de las pilas 2 y 4 como se denota en la tabla 3-4, no fueron significativamente diferentes.

Los contenidos de P y K fueron más altos al final del período de degradación térmica (38 días), lo que indica que el proceso de mineralización de estos elementos ocurre en esta fase; a los 98 días los porcentajes de P y K disminuyen ligeramente. Los contenidos finales de P de las pilas 1, 3 y 4 no presentaron diferencias significativas al igual que los contenidos finales de K de las pilas 1 y 4 (tabla 3-4).

4.1.4 Caracterización biológica de los tratamientos

4.1.4.1 Prueba de fitotoxicidad

Índice de Germinación (IG)

Según Soto y Meléndez (2004, p. 94) los abonos orgánicos pueden ser evaluados a través de la germinación de semillas.

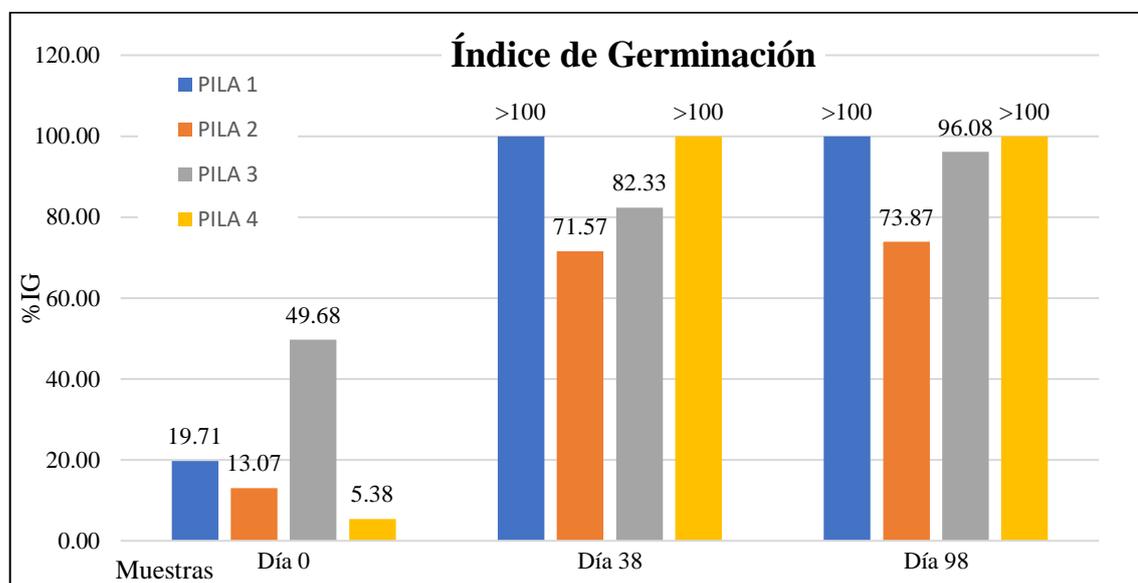


Gráfico 6-4: Porcentaje de germinación de los tratamientos

Realizado por: Bryan Moreno, 2019.

La determinación de este parámetro indica la presencia o ausencia de sustancias fitotóxicas y se considera internacionalmente como uno de los parámetros para establecer la madurez de un compost (Bertolí et al., 2015, p. 28).

Los porcentajes de IG en las muestras iniciales generalmente son bajos y dependen de los niveles de toxicidad establecidos (Uribe 2003, p. 13), las muestras iniciales son “muy tóxicas” para las semillas, razón por la cual no es beneficioso disponer este tipo de materiales orgánicos sin llevar a cabo ningún tratamiento.

Según Said-Pullicino et al., (2007), la acumulación de compuestos tóxicos como los alcoholes, compuestos fenólicos, ácidos orgánicos de bajo peso molecular, amoníaco y compuestos tóxicos de nitrógeno pueden influir en la germinación de las semillas.

Según Soto y Meléndez (2004, p. 95), la legislación de Austria para abonos menciona que si el IG es de al menos 80% es un indicativo de madurez y de ausencia de fitotoxicidad del compost, lo mismo señala la Norma Chilena de calidad de compost 2880 (NCh 2880, 2004).

En el gráfico 6-4 tanto en el día 38 como en el día 98 el bocashi, de las pilas 1, 3 y 4 tienen un porcentaje mayor al 80%, lo que indica que estos tratamientos tienen una buena estabilización y no hay presencia de alguna sustancia tóxica que afecte a las semillas (Said-Pullicino et al., 2007, p. 1830) por lo cual se puede usar como enmiendas directamente en los suelos agrícolas.

La pila 2 mostró un IG de 71,57% en el día 38 y existió un leve aumento en el día 98 llegando al 73,87%, lo que podría indicar que en este tratamiento habría presencia de sustancias fitotóxicas que se metabolizan o inmovilizan en la fase de maduración del tratamiento (Varnero, et al., 2007), sin embargo cabe recalcar que Compost Canadian Council (2002) citado por Soto y Meléndez (2004, p. 95), menciona que el IG permitido en Canadá es de al menos un 70%.

Tabla 3-4: Análisis estadístico

PARÁMETROS	MUESTREOS	PILA 1	PILA 2	PILA 3	PILA 4	F-ANOVA
NT	Día 0	0,85a	0,72b	0,51c	0,71b	0,0000 ***
	Día 38	1,65a	1,13c	0,59d	1,36b	0,0000 ***
	Día 98	1,74a	1,41b	0,89c	1,40b	0,0000 ***
P	Día 0	0,51b	0,77a	0,54b	0,40c	0,0000 ***
	Día 38	1,06b	1,46a	0,89c	0,82c	0,0000 ***
	Día 98	0,72b	0,97a	0,89ab	0,75b	0,0000 ***
K	Día 0	0,57c	0,68b	0,73a	0,37d	0,0000 ***
	Día 38	1,09b	1,35a	1,24ab	1,06b	0,0004 ***
	Día 98	0,82c	1,03b	1,12a	0,96b	0,0001 ***
MO	Día 0	59,54a	60,56a	39,94b	63,62a	0,0000 ***
	Día 38	40,23a	37,34b	26,31c	36,14b	0,0000 ***
	Día 98	39,33a	38,27a	25,45c	33,26b	0,0000 ***
IG	Día 0	19,71b	13,07b	49,68a	5,38c	0,0015 ***
	Día 38	>100a	71,57b	82,33ab	>100a	0,8041 ns
	Día 98	>100a	73,87b	96,08a	>100a	0,8659 ns

Realizado por: Bryan Moreno

NT: Nitrógeno Total; **P:** Fósforo; **K:** Potasio; **MO:** Materia Orgánica; **IG:** Índice de Germinación

*** Estadísticamente Significativo $P < 0.01$, ** Significancia Media $P < 0.05$ y ns: no significativo > 0.05 . $P < 0.05$.

Según el análisis de varianza ANOVA de un factor el porcentaje de IG en todos los tratamientos en los días 38 y 98 mostraron no tener diferencias significativas.

4.1.4.2 Parámetros microbiológicos

Tabla 4-4: Caracterización microbiológica

PARÁMETROS ANALIZADOS		TRATAMIENTOS							
		Pila 1		Pila 2		Pila 3		Pila 4	
Parámetro	Unidad	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Aerobios totales	UFC/g	1x10 ⁸							
Coliformes totales	UFC/g	1x10 ⁸							
<i>Escherichia coli</i>	UFC/g	1x10 ⁸	< 1	2x10 ²	2x10 ²	1x10 ⁸	< 1	1x10 ⁸	< 1
Mohos	UPC/g	1x10 ⁶	< 1	1x10 ⁶	< 1	1x10 ⁶	2x10	1x10 ⁶	< 1
Levaduras	UPC/g	1x10 ⁸							
<i>Salmonella</i>	Ausencia /Presencia	Ausencia	Ausencia	Presencia	Presencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Fuente: (AGROCALIDAD, 2019)

Realizado por: Bryan Moreno, 2019

UFC: Unidad formadora de colonias; UPC: Unidad propagadora de colonias

Los aerobios totales (bacterias mesófilas) se encargan de la fase mesofílica y además son responsables del 10% de la descomposición de la materia orgánica (Paúl y Clark 1996) citados por Soto (2003) y Uribe (2003); en la tabla 4-4 se observa que estos microorganismos, tanto al inicio como al final del proceso, en todas las pilas mantienen su población e incluso al final del proceso son superiores a las poblaciones de los mohos, de acuerdo a Atlas y Bartha (2002), esto se explica porque las bacterias son responsables de la nitrificación y amonificación necesarias para la biota del suelo.

Las coliformes son fácilmente identificables y su presencia es habitual en los componentes empleados en la elaboración del abono tipo bocashi. Se estimó que los efectos de las altas temperaturas, la humedad y nutrientes presentes en las pilas conlleva a una reducción o hasta la inhibición de estos microorganismos a lo largo del proceso de fermentación (38 días); sin embargo los resultados obtenidos al finalizar la etapa de maduración (día 98) no revelaron disminución poblacional, lo que sugiere el recrecimiento de coliformes, a partir de sobrevivientes que pudieron proliferar en la etapa de maduración, donde las condiciones ambientales de esta etapa favoreció su multiplicación.

En contraste, *E. coli* reduce su carga inicial de 1x10⁸ UFC a valores menores a 1 (ausencia), demostrando que la fermentación ha controlado a esta especie que es un mejor indicador de patógenos que coliformes totales. Según Atlas y Bartha (2002), la muerte térmica estimada de *E. coli* ocurre por exposiciones a 57 °C durante 20 a 30 minutos; en nuestro estudio la fase termófila alcanzó en todos los tratamientos temperaturas iguales e incluso superiores al estudio citado (gráfico 1-4) para eliminar estas poblaciones microbianas.

Los mohos posiblemente disminuyeron en la fase termófila por la acción de la elevada temperatura que se presentó en este estudio (gráfico 1-4), de esta manera la población inicial en todas las pilas se presentó en el orden de 1×10^6 UFC y disminuyendo en la fase final entre 5 y 6 ciclos logarítmicos.

Las levaduras por otra parte mantuvieron sus niveles poblacionales durante la elaboración del abono en todos los tratamientos, lo que se atribuyó a una mayor resistencia térmica respecto a los mohos, dada la presencia de pared celular, o en su defecto pudieron sobrevivir en la fase térmica y proliferar en la etapa de maduración de las pilas cuando la temperatura alcanzó valores entre 15° y 17° °C. Según Bertolí et al. (2015) después de que los componentes lábiles han desaparecido, la microbiota predominante son los actinomicetos, hongos y levaduras.

Por otra parte, *Salmonella*, patógeno intestinal sobrevivió al proceso de fermentación en la pila 2; resultado inesperado debido a que la fase térmica del proceso controla las poblaciones de patógenos y además éstas pudieron ser inhibidas por efectos competitivos de la microbiota benéfica. Un estudio realizado en Colombia por Gómez y Pilar (2008) en la elaboración de bocashi, confirmó la eliminación de esta bacteria a los 15 días posteriores a la elaboración.

Por lo anterior la presencia de *Salmonella* puede explicarse posiblemente por una distribución heterogénea de la población microbiana en la gallinaza, cabe mencionar que este material no fue homogenizado exhaustivamente previo al montaje de las pilas, porque la idea fue actuar tal como lo realizan comúnmente los agricultores en el campo.

Parámetros similares se presentaron en el estudio de Gibbs y Ho (1995), que encontraron *Salmonella* en muestras de compost después de realizar el proceso de compostaje alcanzando temperaturas de 53° °C, al igual que Droffner y Brinton (1995), quienes en su trabajo reportaron la sobrevivencia de *Salmonella* y *E. coli* en su compost industrial durante 59 días a 60° °C.

4.1.5 Caracterización física de los tratamientos

Color

Todos los productos mostraron un color entre café y marrón oscuro como resultado de la transformación de la materia orgánica en sustancias húmicas. Soto y Meléndez (2004b, p. 93) consideran que dicho color es óptimo para un abono orgánico de calidad.

Olor

Todos los productos presentaron un olor a tierra de bosque húmeda, este olor característico se alcanzó debido a la ausencia de ácidos orgánicos, así como a la población de actinomicetos (no demostrada en este trabajo).

Rendimiento

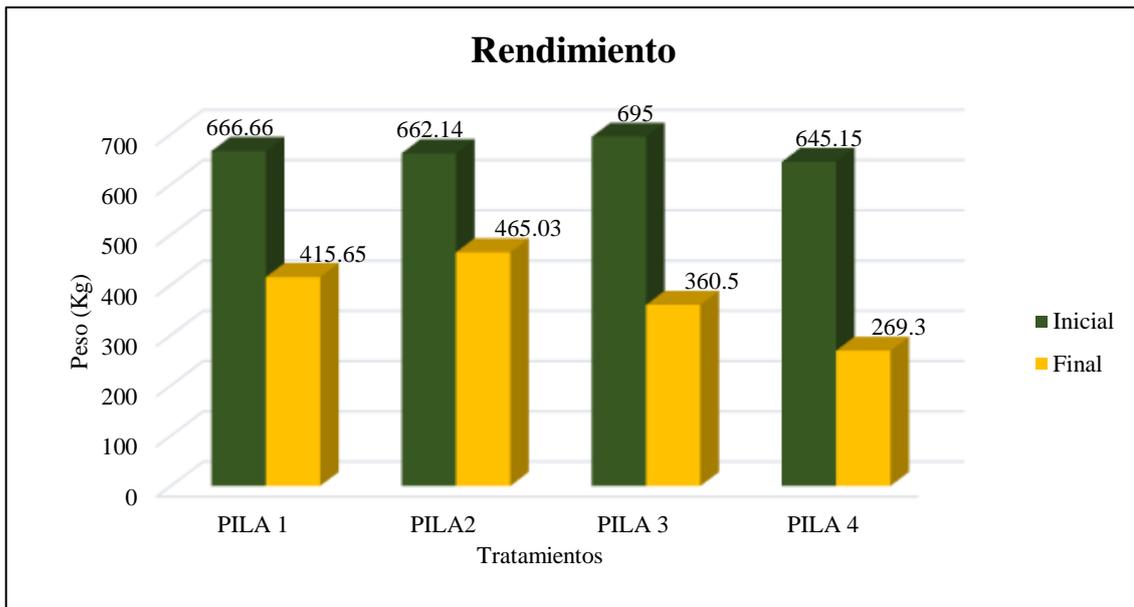


Gráfico 7- 4: Rendimiento de los tratamientos

Realizado por: Bryan Moreno, 2019

Al finalizar la fase experimental se pudo observar que las masas de las pilas 3 y 4 se redujeron considerablemente, hasta un 51.8% y 41.7% respectivamente. Las pilas 1 y 2 no presentaron un descenso considerable en su masa, reduciéndose así solo hasta el 62,3% y 70,2% respectivamente. Posiblemente estos resultados se debieron a que las pilas 3 y 4 tuvieron menor cantidad de cascarilla de arroz en comparación con las pilas 1 y 2 (tabla 2-3), ya que este componente es un residuo rico en sílice que tarda en degradarse (Pode, 2016) y contiene carbono difícil de descomponer (Genevini, et al., 2012).

CONCLUSIONES

- En el período de recolección de los residuos sólidos orgánicos (tamo en mezcla con heces de ratas y ratones) del bioterio de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH se determinó una cantidad estimada de 848,46 kg de tambo y 74,20 kg de estiércol de ratas y ratones. Los análisis de los residuos de tambo del bioterio mostraron un alto contenido de materia orgánica y un bajo porcentaje de nitrógeno y fósforo, mientras que las excretas de ratas y ratones fueron ricas en nitrógeno.
- Los resultados de los análisis fisicoquímicos, químicos y biológicos de los tratamientos realizados estuvieron dentro de los parámetros establecidos en las diferentes normativas nacionales e internacionales. Únicamente la pila 2 presentó *Salmonella* en la etapa final del proceso, lo que se explica por una distribución heterogénea de esta población bacteriana en la gallinaza, la que no se homogeneizó intensivamente antes del montaje de la pila, con la intención de simular la forma como se adiciona este componente en la elaboración del abono bocashi en el campo agrícola.
- Se estableció que la mezcla óptima para tratar los residuos orgánicos del bioterio de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH fueron los empleados en las pilas 1 y 4 por sus altos contenidos nutricionales e inocuidad de patógenos.

RECOMENDACIONES

- Trabajar con una mezcla de residuos con una buena relación Carbono/Nitrógeno con el fin de evitar pérdidas de nitrógeno y optimizar el proceso del abono.
- Controlar los volteos, ya que este tipo de tratamiento presenta en poco tiempo temperaturas elevadas que pueden afectar negativamente a la microbiota autóctona de los ingredientes del abono. Se recomienda que en los primeros días se monitoree la temperatura a las 6:30 horas y a las 17:00 horas del mismo día.
- Triturar los residuos orgánicos al inicio del proceso asegurando un tamaño de partícula apropiado de 1 a 5 cm para reducir el tiempo de degradación.
- Cribar la tierra común y el carbón para evitar componentes extraños como piedras, terrones, palos, entre otros.
- Agregar ceniza, cal o zeolita, en cantidades adecuadas, para que el pH del producto final sea cercano a la neutralidad.
- Si se utiliza estiércol como la gallinaza, se recomienda utilizarla de manera lo más pura posible sin que este mezclada con cama para obtener mejor concentración de nitrógeno.
- Homogeneizar completamente el bocashi elaborado con gallinaza antes de su aplicación en el campo.
- Controlar la humedad permanentemente. Al momento de agregar agua, hacerlo de manera uniforme con volteos, pues la cascarilla de arroz no permite filtrar con facilidad el agua hacia el interior de la pila.
- Usar instrumentos de medición confiables para la determinación de los parámetros de control para obtener mediciones confiables.

GLOSARIO

C	Carbono
CO₂	Dióxido de carbono
C/N	Relación Carbono/Nitrógeno
CE	Conductividad Eléctrica
CRETIB	Corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable y biológico-infeccioso
cm	Centímetro
dS	DeciSiemens
ESPOCH	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
g	Gramo
H	Hidrógeno
h	Hora
IG	Índice de germinación
K	Potasio
kg	Kilogramo
MO	Materia orgánica
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
msnm	Metros sobre el nivel del mar
N	Nitrógeno
O	Oxígeno
P	Fósforo
pH	Potencial de hidrógeno
RSO	Residuos sólidos orgánicos
S	Azufre
UFC	Unidad Formadora de Colonia
UPC	Unidad Propagadora de Colonias
°C	Grado Celsius

BIBLIOGRAFÍA

ACURIO, G.; et al. *Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe*. Washington, D.C. Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana. 1997. pp. 30-35

AGROCALIDAD, *Análisis de laboratorios*. [en línea]. Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario. Tumbaco, Ecuador. 2019. [Consulta: 20 junio 2019]. Disponible en: <http://www.agrocalidad.gob.ec/laboratorios/>.

ALONSO, J. *Cómo hacer Compost*. España: Mundi-Prensa, Ediciones Nobel S.A. 2011. ISBN 978-84-8476-430-4.

ALTAMIRANO, M. y CABRERA, C. A comparative study for making compost through a handy technique. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG* [en línea], 2006, (Perú) 9 (17), pp. 75-84. [Consulta: 12 abril 2019]. ISSN 1628-8097. Disponible en: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/geologia/vol9_n17/a10.pdf.

ALVARO, M. y OLIVES, A. *Identificación del potencial aprovechable de los residuos sólidos orgánicos que se generan en mercados, supermercados, parques, jardines y diferentes sectores industriales de la zona sur del distrito metropolitano de Quito*. (tesis). Universidad Politécnica Salesiana sede Quito, Quito, Ecuador. 2013. pp. 33-44

ASAMBLEA CONSTITUYENTE DEL ECUADOR. *Constitución de la República del Ecuador*. Ecuador: LEXIS, 2008

ATLAS, R. y BARTHA, R. *Ecología microbiana y microbiología ambiental*. 2ª ed. en español. Madrid-España: Pearson Educación S.A., 2002. pp. 45-54 ISBN 84-7829-039-7

BALTODANO, P. *Determinación de la calidad microbiológica del abono orgánico bocashi durante el proceso de fabricación y almacenamiento*. (tesis) (licenciatura). Universidad de Costa Rica, Facultad de microbiología, Costa Rica. 2002. pp. 20-24

BERTOLÍ, M.; et al. 2015. *Producción y uso del abono orgánico tipo bocashi. Una alternativa para la nutrición de los cultivos y la calidad de los suelos* [en línea]. Mayabeque-Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. [Consulta: 10 abril 2019]. ISBN 978-959-7023-78-4. Disponible en: <http://ediciones.inca.edu.cu/files/folletos/abonoorganico.pdf>

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO. *Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes* [en línea]. España: Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. 2013. [Consulta: 20 agosto 2019]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2013-7540>

BOULTER, J.; et al. A polyphasic approach for assessing maturity and stability in compost intended for suppression of plant pathogens. *Applied Soil Ecology*, vol. 34, n° 1, (2006). pp. 65-81

BOULTER, J.; et al. Compost: a study of the development process and end-product potential for suppression of turfgrass disease. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, vol. 16, n° 2, (2000) pp. 115-134. ISSN 0959-3993

BUENO, M. *Como hacer un buen compost. Manual para horticultores ecológicos* [en línea]. 3ª ed. Pamplona-España: La fertilidad de la tierra. 2007 [Consulta: 9 agosto 2019]. Disponible en: <https://www.ecocosas.com/wp-content/uploads/Biblioteca/perma/Como%20Hacer%20un%20Buen%20Compost.pdf>.

CASTILLO, A.; et al. *Manejo integrado de la fertilidad de los suelos en Nicaragua*. Nicaragua: UNA JUIGALPA, 2002 pp. 130.

CASTRILLÓN, O.; et al. Efecto del pH sobre el crecimiento de microorganismos durante la etapa de maduración en pilas estáticas de compost. *Producción + Limpia* [en línea], 2006, 1 (2), pp. 87-98. [Consulta: 29 agosto 2019]. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/4ba6/b2aad53eae7148af5acfca6cf382baaeb6a.pdf>.

CHÁVEZ, Á. y RODRÍGUEZ, A. 2016. Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. *Revista Academia y Virtualidad* [en línea], 2016, 9 (2), pp. 90-107. [Consulta: 10 julio 2019]. DOI <https://doi.org/10.18359/ravi.2004>. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5633579.pdf>.

COLOMER F. y GALLARDO A. *Tratamiento y gestión de residuos sólidos*. México: Limusa S.A., 2007. p. 176 ISBN: 978-9681870362

CONGRESO NACIONAL. *Ley de Gestion Ambiental*. Registro Oficial Suplemento 418 Ecuador: LEXIS, 2004

CYTED y DÍAS, C. Indicadores de contaminación fecal en aguas. *Agua potable para comunidades rurales, reúso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas*. Buenos Aires-Argentina: Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua, 2003. pp. 224-226.

DE LUNA, V. y VÁZQUEZ, A. *Elaboración de abonos orgánicos*. Guadalajara-México, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias: Universidad de Guadalajara, 2009, pp. 4-12

DOYLE, E. y MAZZOTTA, A. Review of studies on the thermal resistance of Salmonellae. *Journal of Food Protection*, vol. 63, n° 6 (2000), pp. 779-795.

DROFFNER, M. y BRINTON, W. Survival of E. coli and Salmonella populations in aerobic thermophilic composts as measured with DNA gene probes. *Zentralbl Hyg Umweltmed. International journal of hygiene and environmental medicine*, vol. 197, n° 5, (1995), pp. 387-97.

ESPOCH. *Datos generales de la institución*. [en línea]. Riobamba-Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2019. [Consulta: 29 julio 2019]. Disponible en: <https://www.espoch.edu.ec/index.php/espoch.html>

FAO; et al. *Manejo del suelo: producción y uso del composte y ambientes tropicales y subtropicales*. Volumen 56 de Boletín de suelos de la FAO, Roma-Italia: Food & Agriculture Org., 1991, p. 177. ISBN 92-5-302553-0

FOLLIET N. Canadian National Compost Standards. *The Science of Composting*, (2003) (Canada) pp. 247-254

PRICE, J. y FLORES, D. *Guía Práctica No. 2. Para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos*. Quito-Ecuador: Programa de Gestión Urbana-UN HABITAT 2001, p. 35

MONTENEGRO, F. 2014. *Manual de bioterio para roedores (Mus musculus, Ratus norvegicus) y lagomorfos (Oryctolagus cuniculus)*. [en línea] (tesis) (licenciatura) Universidad Nacional Agraria, Facultad de Ciencia Animal, Nicaragua. 2014. pp. 34-35. [Consulta: 27 junio 2019] Disponible en: <http://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/3232>

GADM RIOBAMBA. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Riobamba (2015-2030)*. Riobamba-Ecuador: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Riobamba, 2015

GANDAH, A. y HANAFI, M. 2014. Bio-composting oil palm waste for improvement of soil fertility. *Composting for Sustainable Agriculture. Sustainable Development and Biodiversity*. Malasia: Springer International Publishing, pp. 209-243.

GENEVINI, P.; et al. Rice hull degradation by co-composting with dairy cattle slurry. *Soil Science and Plant Nutrition*, vol. 43, n° 1 (2012), pp. 135-147. ISSN 1747-0765

GIBBS, R. y HO, G. Risks associated with pathogens in composted biosolids. *Environmental Science* [en línea], 1995, (Australia) 95 (6), pp. 46. [Consulta: 17 septiembre 2019]. ISSN 0-86905-450-3. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/11245870.pdf>

GÓMEZ, A. y PILAR, X. *Elaboración de un abono orgánico fermentado a partir de residuos de flores (pétalos de rosas) y su caracterización para uso en la producción de albahaca (Ocimum basilicum L.)* [en línea]. (tesis). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá-Colombia. 2008. pp. 65-69. [Consulta: 10 septiembre 2019]. Disponible en: <https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis121.pdf>

GORDILLO, F. y CHÁVEZ, E. Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros. En: Escuela Superior Politécnica del Litoral, *Centro de investigación científica y tecnológica* [en línea], 2010. Quito-Ecuador. pp. 10. [Consulta: 25 agosto 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Eduardo_Chavez6/publication/41676503_Evaluacion_comparativa_de_la_calidad_del_compost_producido_a_partir_de_diferentes_combinaciones_de_desechos_agroindustriales_azucareros/links/57c5895f08ae0a6b0dc8caef.pdf.

HERRÁN, F.; et al. Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible* [en línea], 2008, (México) 4 (1) pp. 57-67 [Consulta: 15 julio 2019] ISSN 1665-0441. Disponible en: <http://www.ejournal.unam.mx/rxm/vol04-01/RXM004000104.pdf>

HIRAI, M.F.; et al. Standard measurement for compost maturity. *BioCycle: journal of waste recycling*, vol. 24, n° 6 (1983), pp. 54-56.

HOORNWEG, D. y BHADA, P. *What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management*. Washington, DC, Urban Development & Local Government Unit: World Bank, 2012 pp. 1-23

INCOTEC. *Norma Técnica Colombiana 5167* [en línea]. Colombia: INCOTEC internacional, 2004. [Consulta: 3 agosto 2019]. Disponible en: https://kupdf.net/download/ntc-5167-2004_59cd2ae708bbc53e51686ebd_pdf.

IRSHAD, M.; et al. Chemical characterization of fresh and composted livestock manures. *Journal of soil science and plant nutrition*, vol. 13, n° 1 (2013), pp. 115-121. ISSN 0718-9516.

JIMÉNEZ, S. *Elaboración de compost a partir de residuos sólidos orgánicos generados en el Mercado Mayorista del Cantón Riobamba* [en línea]. (tesis). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba-Ecuador. 2015. pp. 71-80. [Consulta: 29 julio 2019]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4867>.

KAUR, V. y ANSAL, M. Efficacy of vermicompost as fish pond manure – Effect on water quality and growth of *Cyprinus carpio* (Linn.). *Bioresource Technology*, vol. 101, n° 15 (2010), pp. 6215-6218

KIELY, G. *Ingeniería ambiental: fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión*. España, McGraw-Hill Interamericana de España, 1999. ISBN 84-481-2039-6

LA MOLINA. El Bioterio permite realizar una investigación preclínica de calidad. *Noticias y eventos* [en línea]. Chile, 2016. [Consulta: 28 mayo 2019]. Disponible en: <https://medicina.usmp.edu.pe/noticias-y-eventos/715-bioterio.html>.

LABARCA, R.; et al. 2018. Caracterización del abono Bocachi y su aplicación en el cultivo del pimentón (*Capsicum annum*, L.), en el estado Falcón. *KOINONIA* [en línea], 2018, (Venezuela) 3 (6), pp. 109-127. [Consulta: 30 agosto 2019]. ISSN 2542-3088. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/327763924>.

LIBREROS, S. Compostaje de residuos industriales en Colombia. *Tecnicaña*, vol. 28, (2012), (Colombia) pp. 13-18.

MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR. *Acuerdo No. 061, Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria*. Quito-Ecuador: LEXIS, 2015a pp. 1-80

MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR. *Norma de calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos*. Quito-Ecuador: LEXIS, 2015b, pp. 1-42

MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA, ACUACULTURA Y PESCA. *Instructivo vigente de la Normativa General para promover y regular la Producción Orgánica–Ecológica–Biológica en el Ecuador* [en línea]. Ecuador: Agrocalidad, 2013. [Consulta: 8 julio 2019]. Disponible en: <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/pdf/certificacion-organica/1.Normativa-e-instructivo-de-la-Normativa-General-para-Promover-y-Regular-la-Produccion-Organica-Ecologica-Biologica-en-Ecuador.pdf>.

MASÓ, M. y BLASI, A. Evaluation of composting as a strategy for managing organic wastes from a municipal market in Nicaragua. *Bioresource Technology*, n°. 99 (2008), (Nicaragua) pp. 5120–5124.

MELÉNDEZ, G. Indicadores químicos de calidad de abonos orgánicos. *Abonos orgánicos: Principios, características e impacto en la agricultura*. San José-Costa Rica: Meléndez, G., 2003, pp. 50-63.

MENG, X.; et al. Effect of pig manure on the chemical composition and microbial diversity during co-composting with spent mushroom substrate and rice husks. *Bioresource Technology*, vol. 251, (2017) pp. 22-30.

MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA. *Ley orgánica de Salud*. Quito-Ecuador: LEXIS, 2015 pp. 1-46

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE y AGUA; et al. *Guía para el Aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos, mediante Compostaje y Lombricultura*. Bolivia: Dirección General de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 2012, pp. 2-50

MOHEDO, J. *Estudio de la estabilidad durante el compostaje de residuos Municipales* [en línea]. (tesis). Universidad de Córdoba, Córdoba, España. 2002. pp. 43-50 [Consulta: 2 septiembre 2019]. Disponible en: <https://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/365>.

NAVARRO, G. y NAVARRO, S. *Fertilizantes: química y acción*. España: Ediciones Mundi-Prensa, 2014 ISBN 978-84-8476-678-0.

NORMA CHILENA 2880. *Norma Chilena de Compost*. Santiago-Chile: Instituto Nacional de Normalización, 2004

OCHOA, O. *Recolección y disposición final de los desechos sólidos, zona metropolitana*. Ciudad Bolívar-Venezuela, 2009.

ORGANIZACIÓN DE NACIONES UNIDAS. Conferencia mundial sobre el medio ambiente y el desarrollo: Agenda21 [en línea]. *Organización de las Naciones Unidas*, 1992. Disponible en: <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agenda21spchapter21.htm>.

PARRA, M.; et al. Microbiología, patogénesis, epidemiología, clínica y diagnóstico de las infecciones producidas por Salmonella. *Revista MVZ Córdoba* [en línea], 2002, 7 (2), pp. 187-200. [Consulta: 1 septiembre 2019]. DOI 10.21897/rmvz.521. Disponible en: <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/revistamvz/article/view/521>.

PAÚL, E. y CLARK, F. *Soil Microbiology and Biochemistry*. Segunda edición. Academic Press, 1996. ISBN 978-0-12-546807-7.

PÉREZ, A.; et al. Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en república dominicana. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal* [en línea], 2008, (República Dominicana) 8 (3), pp. 10-29. [Consulta: 30 agosto 2019]. ISSN 0718-2791. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912008000300002>.

PINEDO J.; et al. Manual de gestión integrada de residuos sólidos municipales en ciudades de América Latina y el Caribe. Rio de Janeiro, Brasil: Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, 2006

PODE, R. Potential applications of rice husk ash waste from rice husk biomass power plant. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 53, (2016) pp. 1468-1485.

PONTE DE CHACÍN, C. Manejo integrado de residuos sólidos: Programa de reciclaje. Instituto Pedagógico de Caracas. *Revista de investigación*, vol. 32, n° 63 (2008), pp. 173-200. ISSN 1010-2914.

PRADA, A. y CORTÉS, C. Thermal decomposition of rice husk: an alternative integral use. *Orinoquia*, vol. 14, (2010), pp. 155-170. ISSN 0121-3709.

PUERTA S. Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos. *Revista Lasallista de Investigación*, vol. 1, n° 1 (2004), (Colombia) pp. 56-65

RAMOS, D. y TERRY, E. Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales* [en línea], 2014, (Cuba) 35, (4), pp. 52-59. [Consulta: 25 mayo 2019]. ISSN 1819-4087. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Generalities-of-the-organic-manures%3A-Bocashi's-like-Ag%C3%BCero-Alfonso/a83d376525edf666cd556667648dfe1606c3cfcc>.

RAMOS, D.; et al. Bocashi: abono orgánico elaborado a partir de residuos de la producción de plátanos en Bocas del Toro, Panamá. *Cultivos Tropicales* [en línea], 2014, (Panamá) 35 (2), pp. 90-97. [Consulta: 8 agosto 2019]. ISSN 1819-4087. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362014000200012.

RESTREPO, J. 2007 *El A, B, C de la agricultura orgánica y harina de rocas* [en línea]. 1ª ed. Managua-Nicaragua: Servicio de Información Mesoamericano sobre Agricultura Sostenible, 2007. [Consulta: 12 abril 2019]. ISBN 978-99924-55-27-2. Disponible en: http://caminosostenible.org/wp-content/uploads/BIBLIOTECA/El_ABC_de_la_agricultura_organica_y_harina_de_rocas.pdf.

RESTREPO, J. *A, B, C de la agricultura orgánica y panes de piedra: Abonos orgánicos fermentados*. 1ª ed. Colombia: Feriva S.A., 2010. ISBN 978-958-44-126-1.

RESTREPO, J. y HENSEL, J. *Manual Práctico de Agricultura Orgánica y Panes de Piedra* [en línea]. 1ª ed. Cali-Colombia: Feriva S.A., 2009. [Consulta: 5 abril 2019]. ISBN 978-958-.

Disponible en: <https://reaxionatural.files.wordpress.com/2011/09/manual-practico-de-agricultura-organica-y-panes-de-piedra.pdf>.

RIVEROS, A.; et al. Organic amendments standarization for banana in latin americain and the caribbean. En: XVII Reunião Internacional para a Cooperacão nas Pesquisas sobre banana no Caribe e na América Tropical, *ACORBAT*, (2008), (Brasil) pp. 234-240.

ROMÁN, B. *Bioterio de la Facultad de Ciencias-ESPOCH*. En: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2018

ROMÁN, P.; et al. *Manual de compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina*. 2013. Santiago de Chile: FAO, 2013 ISBN 9253078456.

SAID-PULLICINO, D.; et al. Changes in the chemical characteristics of water-extractable organic matter during composting and their influence on compost stability and maturity. *Bioresource Technology*, vol. 98, n° 9 (2007), (Italia) pp. 1822-1831.

SHARMA, A.; et al. Enhanced biodegradation of PAHs by microbial consortium with different amendment and their fate in in-situ condition. *Journal of environmental management*, vol. 181, (2016) pp. 728-736. ISSN 0301-4797.

SHINTANE, M.; et al. Tecnología tradicional adaptada para una agricultura sostenible y un manejo de desechos moderno. Costa Rica: *EARTH*, 2000 pp. 1-25

SILVA, J.; et al. Caracterización física y química de bokashi y lombricompost y su evaluación agronómica en plantas de maíz. *Ingenierías & Amazonia*, vol. 7, n° 1 (2014), pp. 5-16.

SIMON-VERMOT, B. Modelo para el manejo de los residuos sólidos generados por el recinto Chiriboga y sus alrededores [en línea] (tesis). Universidad Internacional SEK, Ecuador. 2010. pp. 60-64. [Consulta: 6 agosto 2019]. Disponible en: <http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/420>

SIVILA DE CARY, R. y ANGULO, W. 2006. Efecto del descanso agrícola sobre la microbiota del suelo (Patarani-Altiplano Central boliviano). *Ecología en Bolivia*, vol. 41, n° 3 (2006), (Bolivia) pp. 103-115. ISSN 1605-2528.

SOTO, G. Abonos orgánicos: el proceso de compostaje. *Taller, Abonos Orgánicos/CATIE/GTZ/UCR/CANIAN*. Sabanilla, Costa Rica: Editado por: Meléndez G. y Soto G. Centro de Investigaciones Agronómicas, 2003 pp. 155.

SOTO, G. y MELÉNDEZ, G. Cómo medir la calidad de los abonos orgánicos. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* [en línea], n°. 72 (2004), pp. 91-97. [Consulta: 7 agosto 2019]. Disponible en: <http://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/318>.

TCHOBANOGLIOUS, G.; et al. *Gestión integral de residuos sólidos*. Madrid-España: McGraw-Hill/Interamericana de España S.A., 1994. ISBN 84-481-1830-8-3.

TIGHE, R., et al. Caracterización de compost a base de espinillo en relación a la norma chilena N°2880. *Agronomía Mesoamericana* [en línea], 2014, 25 (2), pp. 347-355. [Consulta: 29 agosto 2019]. ISSN 1021-7444. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/437/43731480012.pdf>.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. *Reglamento para el Manejo, Tratamiento y Minimización de Residuos Generados en la Facultad de Química de la UNAM*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2007, pp. 1-20

URIBE, L. Inocuidad de abonos orgánicos. *Taller, Abonos Orgánicos/CATIE/GTZ/UCR/CANIAN*. Sabanilla, Costa Rica: Editado por: Melendez G. y Soto G. Centro de Investigaciones Agronómicas, 2003, pp. 155

US COMPOSTING COUNCIL. *Compost uses* [en línea]. USA, 2001, [Consulta: 30 agosto 2019]. Disponible en: <https://www.compostingcouncil.org/.2001>.

VAN EEKEREN, N.; et al. Soil biological quality of grassland fertilized with adjusted cattle manure slurries in comparison with organic and inorganic fertilizers. *Biology and Fertility of Soils*, vol. 45, n° 6 (2009), pp. 595–608

VARNERO, M.; et al. Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, vol. 7, n° 1 (2007), pp. 28-37. ISSN 0718-2791

VÁSQUEZ, E. Evaluación química de bocashi con aplicación de EM en el cantón Saraguro provincia de Loja. *Bosques Latitud Cero*, vol. 8, n° 1 (2018). ISSN 2528-7818.

VEGA, M. 2002. *Caracterización de los Bioterios Utilizados en Investigación Científica* [En línea] (proyecto de grado). Universidad de Costa Rica, Costa Rica. 2002. pp. 56-67. [Consulta: 16 de julio 2019]. Disponible en: <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/1027/1/22581.pdf>

YUGSI, L. 2011. *Elaboración y uso de abonos orgánicos* [en línea]. Quito-Ecuador: Global Business, 2011 [Consulta: 20 julio 2019]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=C5ozAQAAAJ&pg=PA36&dq=Elaboraci%C3%B3>

n+y+uso+de+abonos+org%C3%A1nicos.(iniap)&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiy3oScrvLjAh
Wq2FkKHVj7AVMQ6AEIMDAC#v=onepage&q&f=false.

ZHANG, L.; et al. Effects of brown sugar and calcium superphosphate on the secondary fermentation of green waste. *Bioresource Technology*, vol. 131, (2013) pp. 68-75.

ANEXOS

Anexo A: Parámetros analizados durante el proceso de elaboración del bocashi de todos los tratamientos

TRATAMIENTO	PARÁMETRO	MUESTRAS								UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO DE ANÁLISIS
		1	2	3	4	5	6	7	8		
PILA 1	Tiempo de obtención	0	7	14	21	28	38	68	98	días	-
	C.E	2.35	3.44	3.71	3.40	3.52	3.76	4.73	4.70	dS/m	Conductimetría
	pH	6.51	6.58	7.21	7.85	7.66	8	7.75	7.77	Unidades	Potenciométrico
	M.O	59.54	49.61	44.03	42.32	42.04	40.23	39.31	39.33	%	Gravimétrico
	NT	0.85					1.65		1.74	%	PEE/F/14
	P	0.51					1.06		0.72	%	PEE/F/04
	C/N	25.72							16.03	Unid.	Cálculo
	K	0.57					1.09		0.82	%	PEE/F/19
	<i>E. coli</i>	1x10 ⁸							< 1	UFC	PEE/B-MB/03
	<i>Salmonella</i>	Ausencia							Ausencia	A/P	PEE/B-MB/02
	Humedad	60					42		29	%	Medición in situ
	Tamaño de partícula	< 4					< 2		< 2	cm	Cribado y picado
	Color	Pardo claro					Marrón oscuro		Marrón oscuro	-	Sensorial
Olor	Amoniacal					Fermentolívano		Tierra de bosque	-	Sensorial	
I G	19.71					>100		> 100	%	Germinación/elongación	
PILA 2	Tiempo de obtención	0	7	14	21	28	38	68	98	días	-
	C.E	2.76	2.85	2.68	2.30	2.26	2.79	3.19	4.37	dS/m	Conductimetría
	pH	9.05	8.23	8.28	8.38	8.37	8.31	8.20	8.15	Unidades	Potenciométrico
	M.O	60.56	53.86	47.98	44.77	41.44	38.89	37.81	38.27	%	Gravimétrico
	NT	0.72					1.13		1.41	%	PEE/F/14
	P	0.77					1.46		0.97	%	PEE/F/04
	C/N	34.73							24.39	Unid.	Cálculo
	K	0.68					1.35		1.03	%	PEE/F/19
	<i>E. coli</i>	2x10 ²							2x10 ²	UFC	PEE/B-MB/03
	<i>Salmonella</i>	Presencia							Presencia	A/P	PEE/B-MB/02
	Humedad	63					47		38.3	%	Medición in situ
	Tamaño de partícula	< 4					< 3		< 3	cm	Cribado y picado
	Color	Pardo claro					Marrón oscuro		Marrón oscuro	-	Sensorial
Olor	Amoniacal					Fermento		Tierra de	-	Sensorial	

							livia no		bosqu e		
	I G	13.07					71.5 6		73.87	%	Germinaci n/elongaci n
PILA 3	Tiempo de obtención	0	7	14	21	28	38	68	98	días	-
	C.E	2.09	3.10	3.28	2.66	2.64	2.55	3.58	4.18	dS/m	Conductim etría
	pH	9.92	9.76	10.2 1	10.14	9.70	9.25	9.15	8.91	Unidad es	Potenciomé trico
	M.O	39.94	29.5 3	26.0 7	25.83	25.79	26.3 1	25.8 2	25.45	%	Gravimétri co
	NT	0.51					0.59		0.89	%	PEE/F/14
	P	0.54					0.89		0.89	%	PEE/F/04
	C/N	23.6							12.24	Unid.	Cálculo
	K	0.73					1.24		1.12	%	PEE/F/19
	<i>E. coli</i>	1x10 ²							< 1	UFC	PEE/B- MB/03
	<i>Salmonella</i>	Ausenc ia							Ausenc ia	A/P	PEE/B- MB/02
	Humedad	81					51.6		39.7	%	Medición in situ
	Tamaño de partícula	< 4					< 2		< 2	cm	Cribado y picado
	Color	Gris claro					Café oscur o		Café oscur o	-	Sensorial
Olor	Amoni acal					Tierr a húm eda		Tierra de bosqu e	-	Sensorial	
I G	47.35					88.3 3		96.08	%	Germinaci n/elongaci n	
PILA 4	Tiempo de obtención	0	7	14	21	28	38	68	98	días	-
	C.E	2.03	2.43	2.39	1.95	2.00	2.10	2.23	2.37	dS/m	Conductim etría
	pH	8.72	8.31	8.51	8.53	8.44	8.31	8.14	8.02	Unidad es	Potenciomé trico
	M.O	63.62	51.7 1	45.4 4	40.97	37.48	36.1 4	35.7 4	33.26	%	Gravimétri co
	NT	0.71					1.36		1.40	%	PEE/F/14
	P	0.40					0.82		0.75	%	PEE/F/04
	C/N	33.21							13.87	Unid.	Cálculo
	K	0.37					1.06		0.96	%	PEE/F/19
	<i>E. coli</i>	1x10 ⁸							< 1	UFC	PEE/B- MB/03
	<i>Salmonella</i>	Ausenc ia							Ausenc ia	A/P	PEE/B- MB/02
	Humedad	68.9					46.2		38.5	%	Medición in situ
	Tamaño de partícula	< 5					< 2		< 2	cm	Cribado y picado
	Color	Café claro					Café oscur o		Café oscur o	-	Sensorial
	Olor	Amoni acal					Tierr a húm eda		Tierra de bosqu e	-	Sensorial
I G	5.38					>100		>100	%	Germinaci n/elongaci n	

Fuente: (AGROCALIDAD, 2019)

Realizado por: Bryan Moreno

Anexo B: Recolección de los componentes para la elaboración del bocashi

	
<p>Carbón en trozos</p>	<p>Cenizas vegetales de panadería</p>
	
<p>Recolección y transporte del tamo</p>	<p>Transporte de gallinaza</p>
	
<p>Recolección y transporte de materia orgánica del mercado Mayorista-Riobamba</p>	<p>Comunidad Abras nubes, recolección de estiércol de cerdo</p>

Anexo C: Preparación de los componentes



Pesaje de la gallinaza



Separación del estiércol de ratón del tamo



Estiércol de ratón humedecido



Picado y secado de residuos orgánicos de mercado



Pesaje del tamo



Cribado y pesaje de la tierra común

Anexo D: Ensamblaje de todas las pilas de bocashi



Armado por capas de la pila 4



Pila 4 terminada



Agregación de estiércol de cerdo a la pila 3



Pila 3 y 4 armadas



Armado de la pila 2



Pila 2 armada

Continuación



Armado de la pila 1



Pila 1 ensamblada



Pila 2, 3 y 4 armadas



Pila 1 armada



Mezclado de todos los componentes en todas las pilas



Añadidura de agua y mezcla en todas las pilas de manera uniforme

Anexo E: Control de temperatura y humedad; aireación y toma de muestras



Control de temperatura



Control de humedad



Aireación de las pilas



Evapotranspiración de las pilas



Recubrimiento con plástico a las pilas 3 y 4



Muestras para análisis de laboratorios

Anexo F: Preparación de las muestras para ser analizadas



Peso de las muestras



Deshidratación de las muestras



Triturado de muestras deshidratadas



Muestras trituradas hasta alcanzar $425\ \mu\text{m}$ aproximadamente

Anexo G: Medición de parámetros en los laboratorios



Peso de muestras en el crisol



Incineración de muestras para %MO



Pesaje de las muestras



Agitación de muestras



Filtración y centrifugación de muestras



Medición de pH y CE

Anexo H: Índice de Germinación



Obtención de muestras en solución



Preparación de cajas Petri



Colocación de las semillas de berro



Añadida de las muestras en solución

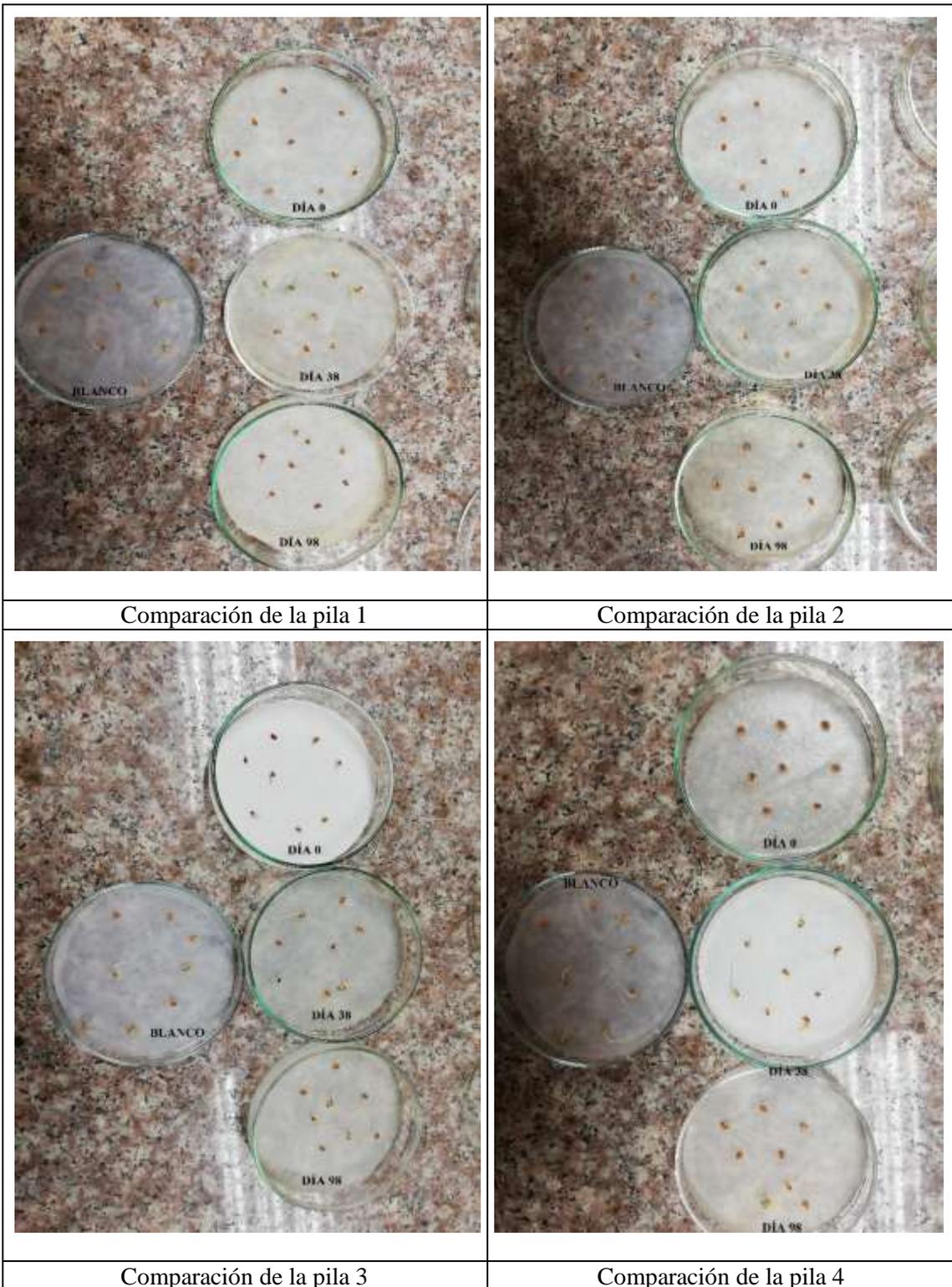


Incubación de las semillas



Medida de la elongación de las radículas

Continuación



Anexo I: Fase final de los tratamientos

	
<p>Etapa de maduración</p>	<p>Estiramiento y secado</p>
	
<p>Recolección del producto en sacos</p>	<p>Almacenaje del producto</p>
	
<p>Centro de acopio de residuos sólidos de la ESPOCH</p>	

Anexo J: Comprobantes de realización de análisis de laboratorio en AGROCALIDAD

Análisis iniciales:




AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO

COMPROBANTE DE FACTURA

Número de Factura # 010-001-00000251	RUC / CI: 1768188830001	Razón social / Nombres: AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO
Obligado a llevar contabilidad: SI	Localización: Coordinación Chimborazo	Fecha de emisión: 20/06/19 8:22

Razón social / Nombres y Apellidos: MARCO POLO MORENO MENA		
Dirección: ORELLANA		
Identificación: 2100470919	Fecha de emisión: 20/06/2019	Teléfonos: (09) 365-1250

Observaciones: Sin observación.

CÓDIGO	CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	DESCUENTO	IVA	SUBSIDIO	VALOR SIN SUBSIDIO	PAGO TOTAL
04.12.001	DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO TOTAL, ANALISIS	4.0	15.0262	0.00	7.21	0.00	0.00	67.31
04.12.004	DETERMINACIÓN DE FÓSFORO TOTAL, ANALISIS	4.0	14.63	0.00	6.73	0.00	0.00	62.85
04.12.010	DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA, ANALISIS	4.0	11.845	0.00	5.69	0.00	0.00	53.09
04.12.013	DETERMINACIÓN DE PH Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, ANALISIS	4.0	6.4279	0.00	3.09	0.00	0.00	28.93
04.13.013	RECUENTO DE AEROBICOS, ANALISIS	4.0	13.0444	0.00	6.28	0.00	0.00	58.44
04.13.014	RECUENTO DE COLIFORMES TOTALES Y E.COLI	4.0	14.2188	0.00	6.63	0.00	0.00	63.71
04.13.015	RECUENTO DE MOHOS Y LEVADURAS, ANALISIS	4.0	10.8948	0.00	5.23	0.00	0.00	48.81
04.13.016	DETECCIÓN DE SALMONELLA, ANALISIS	4.0	17.5647	0.00	8.44	0.00	0.00	75.78
04.12.011	DETERMINACIÓN DE METALES (K, CA, MG, FE, CU, ZN, MN, NA, MO, AL, CO), ANALISIS	4.0	10.1817	0.00	4.89	0.00	0.00	45.62

CANCELADO FINANCIERO

ESTE COMPROBANTE DE FACTURA ES DOCUMENTO VALIDO PARA FRAMITE.

Fecha: 20-06-2019

Firma: *[Firma]*

SUB-TOTAL 12%	SUB-TOTAL 0%	DESCUENTO	IVA 12%	IVA 0%	ICE	T. IMPUESTOS	VALOR TOTAL SIN SUBSIDIO	AHORRO POR SUBSIDIO	VALOR TOTAL \$:
453.03	0.00	0.00	54.37	0.00	0.00	54.37	507.41	0.00	507.41

Este documento no es válido para efectos tributarios

INFORMACIÓN ADICIONAL

Email: jambran_95@hotmail.com

Num. de servicio: AGR-2019-000057141

Forma de pago: Depósito: 110686

Para información o reclamos: Comuníquese con el Centro de Atención al Usuario, Teléfono: (093) 3 900-100 ext: 3203, 3204, 3205, 3100



EL GOBIERNO SUBSIDIA ESTE SERVICIO

Av. Elay Alfaro 100-350 y Amazonas - Edificio MAGAP, Piso 9 - Código postal: 17016 - Teléfono: (093) 2 2567-232 - email: direccion@agrocalidad.gob.ec - web: www.agrocalidad.gob.ec

Continuación

Análisis del día 38 y día 98:

AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO

AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO

COMPROBANTE DE FACTURA

Número de Factura # 010-001-00000279 RUC / CI: 1768188830001 Razón social / Nombres: AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO

Obligado a llevar contabilidad: SI Localización: Coordinación Chimborazo Fecha de emisión: 5/08/19 12:33

Razón social / Nombres y Apellidos: MARCO POLO MORENO MENA Dirección: ORELLANA Identificación: 2100470919 Fecha de emisión: 05/08/2019 Teléfonos: (99) 395-1250

Observaciones: Sin observación.

CÓDIGO	CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	DESCUENTO	IVA	SUBSIDIO	VALOR SIN SUBSIDIO	PAGO TOTAL
04.12.001	DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO TOTAL. ANALISIS	8.0	15.0262	0.00	14.43	0.00	0.00	134.64
04.12.004	DETERMINACIÓN DE FÓSFORO TOTAL. ANALISIS	8.0	14.03	0.00	13.47	0.00	0.00	125.71
04.12.011	DETERMINACIÓN DE METALES (K, CA, MG, FE, CU, ZN, MN, NA, MO, AL, CO). ANALISIS	8.0	10.1817	0.00	9.77	0.00	0.00	91.22
04.13.013	RECUENTO DE AEROBIOS. ANALISIS	4.0	13.0444	0.00	6.26	0.00	0.00	58.44
04.13.014	RECUENTO DE COLIFORMES TOTALES Y E. COLI	4.0	14.2188	0.00	6.53	0.00	0.00	63.71
04.13.015	RECUENTO DE MOHOS Y LEVADURAS. ANALISIS	4.0	10.8948	0.00	5.23	0.00	0.00	48.61
04.13.016	DETECCIÓN DE SALMONELLA. ANALISIS	4.0	17.5847	0.00	8.44	0.00	0.00	78.78

CANCELADO FINANCIERO

DOCUMENTO VALIDO PARA PAGAR

05/08/2019

SUB-TOTAL 12%	SUB-TOTAL 0%	DESCUENTO	IVA 12%	IVA 0%	ICE	T. IMPUESTOS	VALOR TOTAL SIN SUBSIDIO	AHORRO POR SUBSIDIO	VALOR TOTAL \$:
536.87	0.00	0.00	64.43	0.00	0.00	64.43	601.31	0.00	601.31

Este documento no es válido para efectos tributarios

INFORMACIÓN ADICIONAL

Email: jambran_95@hotmail.com

Num. de servicio: AGR-2019-000071397

Forma de pago: Depósito: 180276

Para información o reclamos: Comuníquese con el Centro de Atención al usuario, Teléfono: (993) 3 980-100 ext: 3203, 3204, 3205, 3100

EL GOBIERNO SUBSIDIA ESTE SERVICIO

Av. Boy Abayo N30-350 y Amazonas - Edificio MAGAP, Piso 9 - Código postal: 170516 - Teléfono: (993) 2 2567-232 - email: direccion@agricolalidad.gob.ec - web: www.agricolalidad.gob.ec

CS Scanned with CamScanner

Realizado por: Bryan Moreno, 2019

Anexo K: Técnica para la determinación de materia orgánica

PARÁMETRO	FUNADAMENTO	EQUIPOS	PROCESO	FORMA DE CALCULAR
<p>Materia orgánica</p>	<p>Las muestras que se obtienen se caracterizan por tener compuestos inorgánicos y varios minerales como los fosfatos, cloruros, calcio, hierro, etc., para destruir todo el material orgánico presente en la muestra, por medio de incineración a temperaturas superiores a 400 °C estos son eliminadas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Mufla • Estufa 	<ul style="list-style-type: none"> • Etiquetar el crisol de 15 o 50 mL y colocar en la mufla durante 2 horas a una temperatura de 105 °C. • Sacar el crisol de la mufla, dejar enfriar en el desecador por 30 min, luego pesar con una balanza analítica y anotar el valor. • Al crisol vacío añadir de 3 g de la muestra, pesar y anotar su valor. • Colocar en la mufla por 24 horas a 430°C. • Sacar los crisoles y Colocarlos en el desecador por 30 minutos. • Pesar el crisol con la muestra calcinada anotando su valor. • Calcular el porcentaje de materia orgánica usando su expresión matemática. 	<p style="text-align: center;">ECUACIÓN:</p> $MO = \frac{G_1 - G_2}{G_1 - G_0} \times 100$ <p style="text-align: center;">Donde:</p> <p>MO: Contenido de materia orgánica en porcentaje.</p> <p>G₀: Peso en g del crisol vacío.</p> <p>G₁: Peso en g del crisol más la muestra seca.</p> <p>G₂: Peso en g del crisol más la muestra calcinada.</p>
	<p>Para determinar el porcentaje de materia orgánica total se lo hace cuantificando el peso que se pierde como consecuencia de la incineración de la materia orgánica de la muestra al ser expuesta a elevadas temperaturas entre 400 a 550 °C en dependencia de las necesidades requeridas.</p>	<p>MATERIALES</p>		
		<ul style="list-style-type: none"> • Crisoles • Espátula • Desecador • Guantes de nitrilo • Guante térmico • Pinza para crisol 		

Anexo L: Técnica para la determinación de pH y Conductividad eléctrica

PARÁMETRO	FUNADAMENTO	EQUIPOS	PROCESO	FORMA DE CALCULAR
<p>Conductividad eléctrica y pH</p>	<p>CE: Se determina por análisis potenciométrico y se fundamenta en la disociación electrolítica y es utilizada en aguas o extracto de suelo y residuos sólidos, el instrumento consiste de dos electrodos de platino, que son introducidos en la solución para medir la capacidad de llevar la corriente eléctrica.</p> <p>pH: Se determina mediante análisis potenciométrico o electroquímico para determinar el pH de una muestra, es el más empleado para medir el potencial de un electrodo muy sensible a los iones H⁺ presentes en la muestra problema, el pH es la unidad potenciométrica de medición, que indica el grado de acidez o alcalinidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Multiparámetro • pH-metro • Centrífuga • Agitador • Bomba de vacío 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar de 3 a 4 g de la muestra y colocar en un vaso de precipitación de 100 mL • Adicionar 30 o 40 ml de agua destilada (siempre se hace una proporción 1:10) • Agitar por 10 minutos vigorosamente • Centrifugar por 4 minutos a 1000 rpm • Filtrar con papel filtro normal • Ajustar los instrumentos de medición • Introducir los electrodos del instrumento en la solución acuosa y realizar la medición de la conductividad eléctrica y pH • Retirar los electrodos y lavar con agua destilada 	<p>Lectura directa</p>
		<p>MATERIALES</p>		
		<ul style="list-style-type: none"> • Muestra a evaluar • Probeta de 50mL • Tubos de ensayo • Vasos de precipitación de 100 mL • Kitasato • Papel filtro • Embudos buchner, 		

Anexo M: Técnica para determinar el índice de germinación

PARÁMETRO	FUNADAMENTO	EQUIPOS	PROCESO	FORMA DE CALCULAR
Índice de germinación	Es una técnica usada para valorar las propiedades fitotóxicas de los residuos orgánicos o compost inmaduros. Se basa en utilizar un extracto acuoso de los materiales orgánicos para evaluar la germinación y crecimiento de semillas de plantas de respuesta rápida como es el Berro (<i>Lepidium Sativum L.</i>). En la cual se compara estos valores con los obtenidos para un control con agua destilada, se puede saber el porcentaje de germinación de las semillas y el porcentaje de elongación de las raíces, obteniendo por multiplicación el denominado índice de Germinación (IG).	<ul style="list-style-type: none"> Balanza analítica Autoclave Centrífuga Bomba de vacío Incubadora 	<ul style="list-style-type: none"> Se pesa 3 g de muestra y se la humedece hasta alcanzar el 60% de humedad (4,5 mL de agua) Se deja en reposo durante 30 minutos. Se añade 13,5 mL de agua desionizada por gramo de muestra seca para diluir este extracto hasta el 10% (total 40,5 mL de agua) Agitar durante 30 minutos Centrifugar a 4000 rpm durante 10 minutos Filtrar al vacío con papel de 0,45 micrómetros para esterilizar el extracto Colocar papel filtro en las cajas Petri (10 cajas por tratamiento) Colocar 8 semillas de berro en cada caja Añadir 1mL de extracto acuoso de muestra mojado el papel en su totalidad Como tratamiento testigo o blanco en vez del extracto se añade agua desionizada (10 cajas Petri) Incubar las cajas Petri a 28°C por 48 horas, distribuyendo las placas en grupos de 5 y envolviéndolas con papel aluminio. Se cuenta el número de semillas germinadas. PGR porcentaje de germinación relativo. Con un pie de rey se mide la longitud de la elongación de las raíces por caja. CRR crecimiento de radícula relativo. Los resultados se expresan como índice de germinación IG 	<p>ECUACIÓN:</p> $IG = \frac{PGR - CRR}{100}$ <p><i>PGR</i> Nº semillas germinadas = $\frac{\text{en el extracto}}{\text{Nº de semillas germinadas en el testigo}} \times 100$</p> <p><i>CRR</i> Elongación de radícula en = $\frac{\text{el extracto}}{\text{Elongación de radícula en el testigo}} \times 100$</p> <p>Donde: IG: Índice de germinación. PGR: Porcentaje de germinación relativo. CRR: Crecimiento de radícula relativo.</p>
		<p>MATERIALES</p> <ul style="list-style-type: none"> Cajas Petri Pipeta automática de 2mL Tubos de ensayo Papel filtro Papel aluminio Probeta de 50mL Vasos de precipitación Kitasato Semillas de rábano Embudos buchner 		

Realizado por: Bryan Moreno, 2019

Anexo N: Técnica para determinar nitrógeno y carbono

PARÁMETRO	FUNADAMENTO	EQUIPOS	PROCESO	FORMA DE CALCULAR
<p>Nitrógeno y Carbono</p>	<p>La agricultura moderna se ha convertido cada vez más en un sector económico de relevancia en todo el mundo. Como en muchos otros sectores industriales, el uso eficiente de todos los recursos disponibles es cada vez más significativo. Una de las materias primas más importantes es el fertilizante, que es un factor esencial para el crecimiento de las plantas. En este sentido, el contenido óptimo de nutrientes desempeña un papel determinante. Independientemente de si se trata de fertilizantes mixtos o de fertilizantes especiales, como fertilizantes nitrogenados, para garantizar un crecimiento óptimo de las plantas y no contaminar innecesariamente el medioambiente, la cantidad de nutrientes debe ser la correcta. Uno de los principales nutrientes utilizados en los fertilizantes es el nitrógeno, que puede determinarse por el método DUMAS.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Estufa • Thermo Scientific Flash 2000 organic elemental analyzer 	<ul style="list-style-type: none"> • La muestra para analizar debe tener un tamaño de partícula inferior a 200um, se utilizan para analizar cantidades del orden de miligramos. • Las muestras previo a su análisis deben ser secadas en estufa por 4h a 105 °C. • Una fracción de cada muestra debe ser emplazada y sellada en una cápsula de estaño, la cual en el equipo analizador se dirige al reactor, donde luego de una combustión a 1800 y 900°C, los gases resultantes son transportados por helio a una columna cromatográfica donde se realiza la separación, y posterior detección. • Se usaron los estándares Sulfanilamida, y BBOT, de Thermo Sceintific para el control de calidad en el análisis, y para la curva de calibración respectivamente. 	<p>La información recopilada fue procesada en el software acoplado al equipo “Eager xperience” V. 1.4 marzo 2014, desarrollado por Thermo Fisher Inc.</p>
		<p>MATERIALES</p>		
		<ul style="list-style-type: none"> • Papel aluminio • Tamiz <200 um • Capsulas de estaño 		

Realizado por: Bryan Moreno, 2019

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE
Y LA INVESTIGACIÓN
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 14 / 11 / 2019

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Bryan Robinson Moreno Mena
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería en Biotecnología Ambiental
Título a optar: Ingeniero en Biotecnología Ambiental
f. Analista de bibliotecas responsable: