

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS
CARRERA DE INGENIERIA BIOQUÍMICA

TEMA:

“PRODUCCIÓN DE ABONO ORGÁNICO A PARTIR DE RESIDUOS DE CAÑA DE AZÚCAR Y AZOLLA CON LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM´s)”

Trabajo de Investigación Modalidad: Trabajo Estructurado de Manera Independiente (TEMI), Presentado como Requisito Previo para la Obtención del Título de Ingeniera Bioquímica otorgado por la Universidad Técnica de Ambato a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Autor: María Fernanda Garcés Moncayo

Tutora: Ing. Mg. María Pacheco

AMBATO - ECUADOR

2014

APROBACIÓN DE LA TUTORA

Ing. Mg. María Teresa Pacheco

Siendo la Tutora del Trabajo de Investigación, realizado bajo el tema: “PRODUCCIÓN DE ABONO ORGÁNICO A PARTIR DE RESIDUOS DE CAÑA DE AZÚCAR Y AZOLLA CON LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM’s)”, por la egresada María Fernanda Garcés Moncayo; tengo a bien afirmar que el estudio es idóneo y reúne los requisitos de un trabajo de investigación de Ingeniería Bioquímica; y la señorita egresada posee los méritos académicos suficientes para ser sometida a la evaluación del Jurado Examinador que sea designado por el H. Consejo Directivo de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Ambato, Abril del 2014.

.....

Ing. Mg. María Teresa Pacheco

TUTORA

AUTORÍA

El presente trabajo de investigación: “PRODUCCIÓN DE ABONO ORGÁNICO A PARTIR DE RESIDUOS DE CAÑA DE AZÚCAR Y AZOLLA CON LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM’s)”, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido y efectos académicos que se desprendan del mismo son de exclusiva responsabilidad de la autora.

Ambato, Abril del 2014.

.....
María Fernanda Garcés Moncayo.

CI: 180357157-7

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

CARRERA DE INGENIERIA EN ALIMENTOS

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Trabajo de Graduación de acuerdo a las disposiciones emitidas por la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Abril del 2014.

Para constancia firman:

.....
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres ya que con su cariño, motivación y amor han influido en mi vida para así lograr todos mis sueños y objetivos.

A mis hermanas que siempre estuvieron listas para brindarme toda su ayuda y a mis amigos por estar conmigo y apoyarme siempre.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Ambato a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos por haberme formado profesionalmente en la carrera de Ingeniería Bioquímica.

A mis padres por apoyarme porque con su guía me han ayudado a superarme y esta constituye la herencia más valiosa.

A la Ingeniera María Teresa Pacheco, tutora de tesis, por su valiosa guía y asesoramiento en la realización de la misma.

A mis estimados maestros, que a lo largo de mi carrera, me han transmitido sus amplios conocimientos y sus sabios consejos preparándome para los retos de la vida profesional.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I EL PROBLEMA

1.1 Tema de investigación	2
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.2.1 Contextualización	2
1.2.2 Análisis Crítico	5
1.2.3 Prognosis	6
1.2.4 Formulación del problema	6
1.2.5 Preguntas directrices.....	6
1.2.6 Delimitación	7
1.3 Justificación	7
1.4 Objetivos	9
1.4.1 General	9
1.4.2 Específicos	9

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes investigativos.....	10
2.2 Fundamentación filosófica	12
2.3 Fundamentación legal	12
2.4 Categorías fundamentales.....	13
2.4.1 Marco conceptual variable independiente	14
2.4.2 Marco conceptual variable dependiente	20
2.5 Hipótesis	25
2.5.1 Hipótesis nula.....	25
2.5.2 Hipótesis alternativa	25
2.6 Señalamiento de variables de la hipótesis	25

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque	26
3.2 Modalidad básica de la investigación.....	26
3.3 Nivel o tipo de investigación	27
3.4 Población y muestra	27
3.4.1 Diseño experimental.....	27
3.5 Operacionalización de variables	31
3.6 Recolección de información	33
3.7.1 Determinación del número de Ufc de los EMS.	35
3.7.2 Temperatura	35
3.7.3 Medición de pH	35
3.7.4 Humedad	35
3.7.5 Cenizas, sustancia orgánica	36
3.7.6 Carbono orgánico total.....	36
3.7.7 Nitrógeno total.....	38
3.7.8 Relación carbono/nitrógeno	38
3.7.9 Macro y micro nutrientes del mejor tratamiento	39
3.7.10 Prueba de germinación.....	39
3.8 Procesamiento y análisis	39

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Seguimiento de la Temperatura durante el proceso de descomposición	40
4.2 Control del pH durante el proceso de descomposición	41
4.3 Control de la Humedad durante el proceso de descomposición	42
4.4 Contenido de Materia Orgánica	42
4.5 Contenido de Carbono Orgánico Total	43
4.6 Contenido de Nitrógeno Total	44
4.7 Relación Carbono/Nitrógeno	44

4.8 Macro y Micro nutrientes del mejor tratamiento.....	45
4.9 Prueba de Germinación	46
4.10 Verificación de Hipótesis	47

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.....	48
5.2 Recomendaciones	49

CAPÍTULO VI
PROPUESTA

6.1. Datos informativos	51
6.2. Antecedentes de la propuesta	51
6.3. Justificación	53
6.4. Objetivos	54
6.4.1. Objetivo General.....	54
6.4.2. Objetivos Específicos.....	54
6.5. Análisis de factibilidad.....	55
6.5.1 Costos de producción de un abono orgánico a partir de residuos de caña de azúcar y microorganismos eficientes.....	55
6.5.2 Costo/Beneficio de producir un abono orgánico a partir de residuos de caña de azúcar y EMs.....	57
6.5.3 Diseño de una planta de tratamiento de desechos orgánicos dentro del Parque de la Familia de Baños de Agua Santa.....	58
6.6. Fundamentación	59
6.7. Metodología	60
6.8. Administración.....	61
6.9. Previsión de la evaluación.....	62
Bibliografía.....	63
Anexos	73

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N°1: Árbol del problema.....	5
Grafico N° 2 Curva de calibración de carbono orgánico total.....	13
Grafico N° 3 Área de elaboración del abono orgánico.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Clasificación funcional de las bacterias rúmiales.....	18
Tabla N° 2 Tratamientos aplicados en la elaboración de abono orgánico.....	28
Tabla N° 3 Variable Independiente: Tipo de EMs y cantidad de sustratos.....	31
Tabla N° 4 Variable Dependiente: Características físico químicas, cantidad de micro y macronutrientes.....	32
Tabla N° 5 Dosificación en kg de los tratamientos aplicados en la obtención del abono orgánico.....	34
Tabla N° 6 Diluciones para la curva de calibración.....	36
Tabla N° 7 Valores de absorbancia de la curva de calibración de carbono orgánico total.....	37
Tabla N° 8 Análisis de macro y micro nutrientes del mejor tratamiento a2b1.....	45
Tabla N° 9 Valores de germinación promedio (%) de lechuga.....	46
Tabla N° 10 Comparación de cantidad de nutrientes y costos entre abonos comerciales.....	56
Tabla N° 11 Modelo Operativo (Plan de acción).....	60
Tabla N° 12 Administración de la Propuesta.....	61
Tabla N° 13 Prevención de la evaluación.....	62

ÍNDICE DE ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura A-1 Temperatura promedio entre réplicas del abono orgánico con respecto al tiempo.....	94
Figura A-2 pH promedio entre réplicas del abono orgánico con respecto al tiempo....	94

Figura A-3 Humedad promedio entre réplicas del abono orgánico.....	95
Figura A-4 Materia Orgánica promedio entre réplicas del abono orgánico.....	95
Figura A-5 Carbono promedio entre réplicas del abono orgánico.....	96
Figura A-6: Nitrógeno promedio entre réplicas del abono orgánico.....	96
Figura A-7: Relación Carbono/Nitrógeno promedio entre réplicas.....	97
Figura B-1 Interacción e intervalos Tukey HSD al 95 % para el Tipo de microorganismos y el Tipo y cantidad de sustrato en base a Materia orgánica.....	103
Figura B-2 Interacción e intervalos Tukey HSD al 95 % para el Tipo de microorganismos y el Tipo y cantidad de sustrato en base a Carbono.....	103
Figura B-3 Interacción e intervalos Tukey HSD al 95 % para el Tipo de microorganismos y el Tipo y cantidad de sustrato en base a Nitrógeno.....	104
Figura B-4 Interacción e intervalos Tukey HSD al 95 % para el Tipo de microorganismos y el Tipo y cantidad de sustrato en base a la relación Carbono/Nitrógeno.....	104

ANEXO 1. FUNDAMENTACIÓN LEGAL

Anexo 1a. Constitución Nacional de la República del Ecuador del 2008.....	73
Anexo 1b. Libro VI anexo 2, sección 4.3 Norma técnica de evaluación agrológica del suelo (TULAS).....	74

ANEXO A. RESPUESTAS EXPERIMENTALES

Tabla A-1 Valores de Temperatura (°C) con respecto al tiempo de descomposición..	79
Tabla A-2 Valores de Temperatura (°C) promedio entre réplicas del abono orgánico con respecto al tiempo.....	80
Tabla A-3 Valores de pH iniciales de los sustratos y EMs.....	81
Tabla A-4 Valores de pH con respecto al tiempo de descomposición.....	82
Tabla A-5 Valores de pH promedio entre réplicas del abono orgánico con respecto al tiempo.....	83
Tabla A-6 Valores de control de la Humedad (%) de los tratamientos.....	84
Tabla A-7 Valores de Humedad (%) promedio entre réplicas del abono orgánico.....	85
Tabla A-8 Valores Materia Orgánica (%) de los tratamientos con respecto al tiempo..	86

Tabla A-9 Valores de Materia Orgánica (%) promedio entre réplicas del abono orgánico.....	87
Tabla A-10 Valores Carbono (%) de los tratamientos con respecto al tiempo.....	88
Tabla A-11 Valores de carbono (%) promedio entre réplicas del abono orgánico.....	89
Tabla A-12 Valores Nitrógeno (%) de los tratamientos con respecto al tiempo.....	90
Tabla A-13 Valores de Nitrógeno (%) promedio entre réplicas del abono orgánico....	91
Tabla A-14 Relación Carbono/Nitrógeno de los tratamientos con respecto al tiempo.	92
Tabla A-15 Valores de la relación Carbono/Nitrógeno promedio entre réplicas del abono orgánico.....	93

ANEXO B. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Tabla B-1 Análisis de varianza del contenido de Materia Orgánica obtenido con los diferentes tratamientos.....	99
Tabla B-2 Prueba de Tukey HSD para Materia Orgánica en base al Tipo y cantidad de Sustrato.....	99
Tabla B-3 Prueba de Tukey HSD para Materia Orgánica en base al Tipo de Microorganismo.....	99
Tabla B-4 Análisis de varianza del contenido de Carbono obtenido con los diferentes tratamientos.....	100
Tabla B-5 Prueba de Tukey HSD para Carbono en base al Tipo y Cantidad de Sustrato.....	100
Tabla B-6 Prueba de Tukey HSD para Carbono en base al Tipo de Microorganismo.....	100
Tabla B-7 Análisis de varianza del contenido de Nitrógeno obtenido con los diferentes tratamientos.....	101
Tabla B-8 Prueba de Tukey HSD para Nitrógeno en base al Tipo y cantidad de Sustrato.....	101
Tabla B-9 Prueba de Tukey HSD para Nitrógeno en base al Tipo de Microorganismo.....	101
Tabla B-10 Análisis de varianza de la relación Carbono/ Nitrógeno obtenido con los diferentes tratamientos.....	102
Tabla B-11 Prueba de Tukey HSD para relación Carbono/Nitrógeno en base al Tipo y cantidad de Sustrato.....	102

Tabla B-12 Prueba de Tukey HSD para relación Carbono/ Nitrógeno en base al Tipo de Microorganismo.....	102
---	-----

ANEXO C. CÁLCULOS DEMOSTRATIVOS

ANEXO D. DIAGRAMAS DE FLUJO

Anexo D-1. Diagrama de flujo para la elaboración de los tratamientos del abono orgánico.....	110
---	-----

ANEXO E. ANÁLISIS ECONOMICO

Tabla E-1 Descripción de rubros, unidades, cantidades y precios de elaborar el mejor tratamiento de abono orgánico en base a residuos de caña de azúcar.....	112
Tabla E-2 Análisis de precios unitarios para la recolección de la caña.....	113
Tabla E-3 Análisis de precios unitarios para el picado de los residuos.....	114
Tabla E-4 Análisis de precios unitarios para la recolección de tierra con bajo contenido de materia orgánica.....	115
Tabla E-5 Análisis de precios unitarios para suministros de rumen.....	116
Tabla E-6 Análisis de precios unitarios para mezcla de materiales y almacenamiento en recipientes sellados.....	117
Tabla E-7 Análisis de precios unitarios para toma de datos.....	118
Tabla E-8 Análisis de precios unitarios para prueba de germinación.....	119
Tabla E-9 Análisis de precios unitarios para tarifa de equipos.....	120
Tabla E-10 Análisis de precios unitarios para tarifa mano de obra.....	120
Tabla E-11 Análisis de precios unitarios para costos de materiales.....	120
Tabla E-12 Análisis de precios unitarios para costos de transporte de materiales....	121

ANEXO F. FOTOGRAFIA

ANEXO G. INFORMES DE LABCESTTA

“PRODUCCIÓN DE ABONO ORGÁNICO A PARTIR DE RESIDUOS DE CAÑA DE AZÚCAR Y AZOLLA CON LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES (EMS)”

Garcés María Fernanda y Pacheco María Teresa
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS
e-mail: gemeferg@hotmail.com
AMBATO – ECUADOR

RESUMEN

Se estudiaron 12 tratamientos con el fin de determinar la posibilidad de convertir residuos de caña de azúcar, azolla y la aplicación de microorganismos eficientes en abono orgánico de buena calidad. Para la elaboración de los abonos se evaluaron seis combinaciones de bagazo, azolla, suelo y dos tipos diferentes de microorganismos eficientes (b0: Marca Comercial-EM•1; b1: microorganismos atrapados de forma casera). Cada tratamiento fue evaluado en campo utilizando un diseño A*B. Como variables de respuesta se estudió el contenido de materia orgánica, cantidad de carbono, nitrógeno y relación carbono/nitrógeno. El mejor tratamiento fue a2b1 (60% de bagazo, 0% de azolla, 40% de suelo y microorganismos atrapados de forma casera) el cual con un nivel de confianza del 95% superó de forma significativa ($P \leq 0,05$) a los testigos a0b0 (0% de bagazo, 0% de azolla, 40% de suelo y microorganismos comerciales EM•1) y a0b1 (0% de bagazo, 0% de azolla, 40% de suelo y microorganismos atrapados de forma casera), pues mostró un pH de 7.23, una humedad de 57.87%, la relación carbono/nitrógeno fue de 18:1 y una cantidad de materia orgánica del 17.6%; siendo su costo de obtención de 0.52 USD/Kg.

Palabras clave: abono orgánico, caña de azúcar, azolla, EMs, materia orgánica, relación carbono/nitrógeno.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Tema de investigación

“Producción de abono orgánico a partir de residuos de caña de azúcar y Azolla con la aplicación de microorganismos eficientes (EMs)”

1.2 Planteamiento del problema

Pérdida de fertilidad por falta de incorporación de materia orgánica en los suelos agrícolas.

1.2.1 Contextualización

1.2.1.1 Macro

El azúcar es uno de los productos básicos más importantes que se comercializan en el mercado internacional. El valor de su comercio anual mundial es de más de 24 000 millones de USD y más del 80 % de ese volumen corresponde a los países en desarrollo (FAO, 2012).

La producción mundial de la caña de azúcar es de 1.333×10^6 toneladas. Los mayores productores son Brasil e India con el 29 y 21.7% de la producción mundial. En Europa este cultivo es minoritario con menos del 1% del mundial, y casi el 95% de él se produce en España. En procesos de obtención del azúcar de caña, se genera el bagazo que se obtiene en la molienda. Por lo general se recicla para la producción industrial de tableros y también como alimento para el ganado. También durante el proceso de recolección y procesado se generan

residuos provenientes de las hojas y las puntas de las cañas que suponen el 20% de la caña (Moreno et al, 2008).

La simbiosis entre *Azolla* y *Anabeana* tiene muchos usos, puede ser utilizada como biofertilizante para el arroz, el trigo y otros cultivos, para la alimentación animal, como alimento para seres humanos, medicinas y como purificador de agua. También puede ser utilizada para la producción de combustible de hidrógeno, la producción de biogás, el control de las malas hierbas, el control de los mosquitos y la reducción de la volatilización de amoníaco que acompaña a la aplicación de fertilizantes químicos nitrogenados (Wagner, 1997).

1.2.1.2 Meso

El Ecuador posee una ubicación privilegiada por lo cual es un país de naturaleza agrícola, donde se pueden encontrar grandes y variadas plantaciones de plátano, palma africana, cacao, arroz, caña de azúcar, entre otros. En el periodo de cosecha se producen grandes cantidades de desechos que pueden ser aprovechados para la elaboración de abonos orgánicos.

Azolla-Anabaena es un recurso natural promisorio del Ecuador y que se ha probado como excelente fertilizante alternativo para el arroz. La Secretaría Nacional de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación (Senecyt) se encuentra promoviendo su utilización en otras aéreas y en otro tipo de cultivos (Montaño, 2009).

El área de producción de caña de azúcar en Ecuador es de aproximadamente 110.000 has, de las cuales la mayoría se utiliza para la fabricación de azúcar y el resto para la elaboración artesanal de panela y alcohol. En el 2006 la superficie cosechada para la producción de azúcar fue 69.156 has, de las cuales el 89% se concentra en la Cuenca Baja del Río Guayas (provincias de

Guayas, Cañar y Los Ríos), donde están ubicados los ingenios de mayor producción: ECUDOS, San Carlos y Valdez. El 11% restante corresponde a los ingenios IANCEM, en la provincia de Imbabura y Monterrey en la provincia de Loja. El crecimiento de la superficie cultivada de caña para la producción de azúcar ha sido muy notorio en los últimos años, pasando de 48.201 has en 1990 a 69.156 has en el 2006. Este incremento será más notorio en los próximos años debido al uso previsto de alcohol como carburante (CINCAE, 2008).

1.2.1.3 Micro

El compostaje es una alternativa para que los desechos agroindustriales sean transformados en materiales útiles que pueden ser reincorporados al suelo. En el cantón Baños de la Provincia de Tungurahua el bagazo que se obtiene después de extraer el jugo de la caña de azúcar generalmente no es sometido a ningún proceso de reutilización. Una opción viable y económica es la elaboración de abono orgánico ya que al producirse en gran cantidad y tener proximidad con provincias que se destacan por tener grandes cultivos de Caña de Azúcar, como Pastaza, por ejemplo se podría elaborar de forma continua en el Parque de la familia de Baños de Agua Santa.

El bagazo de caña sufre una lenta degradación por lo que para acelerar el proceso se busca complementar con microorganismos eficientes. Así mismo al adicionar azolla, un helecho acuático que crece en agua dulce poco profunda y vive en simbiosis con la cianobacteria *Anabaena azollae*, se mejora en gran medida el proceso de obtención de abonos orgánicos.

1.2.2 Análisis Crítico

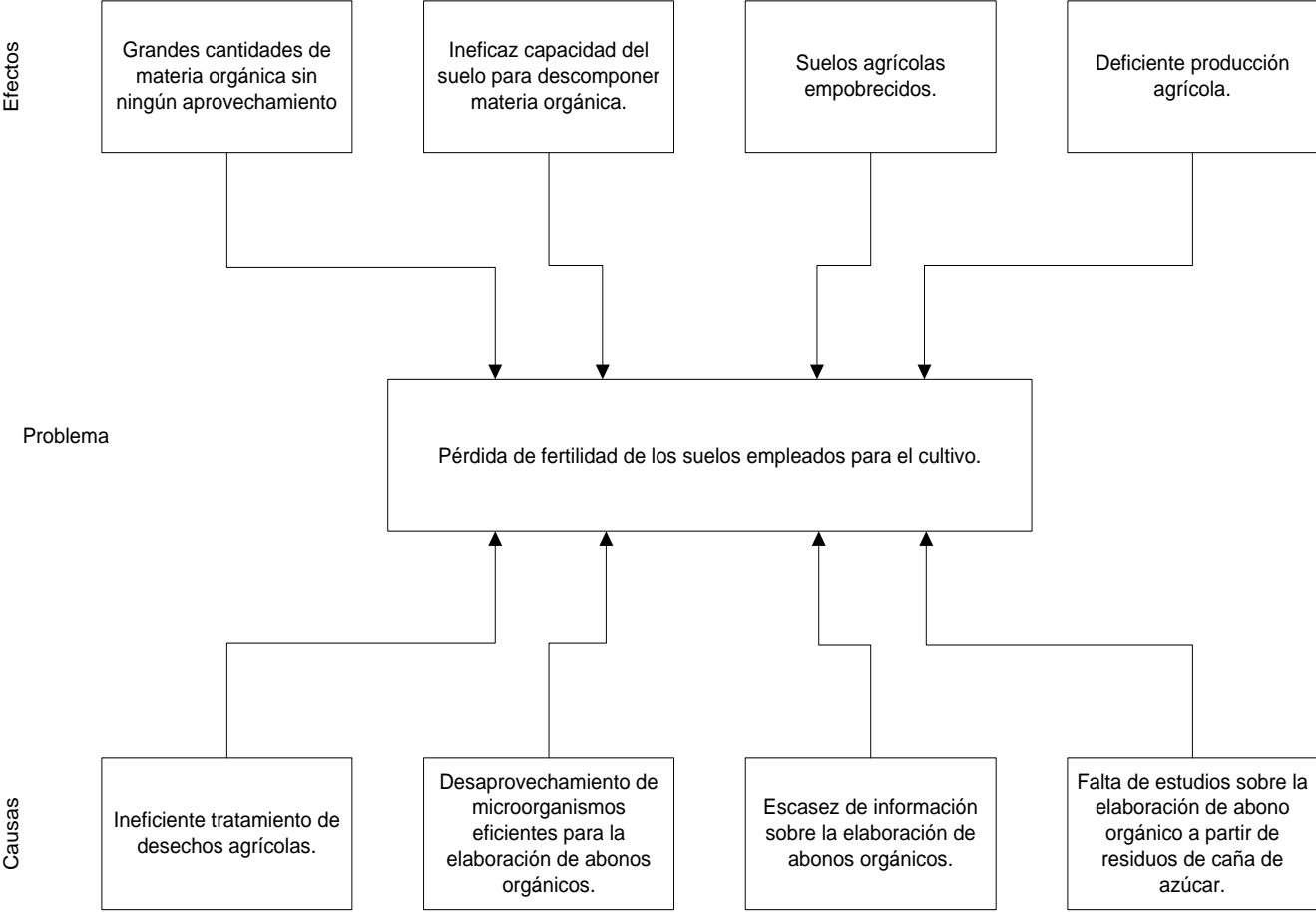


Gráfico N°1: Árbol del problema
Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

1.2.3 Prognosis

Si no se realiza el trabajo de investigación propuesto, no se conocerá la mejor formulación para la elaboración de abono orgánico con bagazo de caña y azolla, y no se aprovechará el metabolismo de los microorganismos eficientes (EM's) en la degradación de estos sustratos, y consecuentemente no se podrá aplicar el mejor tratamiento en suelos agrícolas desgastados.

1.2.4 Formulación del problema

¿El aprovechamiento de los residuos de la caña de azúcar y azolla con utilización de microorganismos eficientes permitirá la elaboración de un abono orgánico de buena calidad?

1.2.5 Preguntas directrices

¿Cuáles serán las condiciones a controlar en las pilas de abono orgánico?

¿Cómo se determinará la mejor formulación del abono orgánico?

¿Cuál será el costo – beneficio de obtener y aplicar este abono orgánico?

1.2.6 Delimitación

Campo: Medio Ambiental

Área: Tratamiento Biológico de Residuos

Sub área: Recuperación de Suelos

Aspecto: Capacidad degradadora de Microorganismo Eficientes (EM's).

Geografía: Laboratorio de Biotecnología - Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato, Cantón Baños.

Temporal: Agosto 2013 – Enero 2014.

1.3 Justificación

Las diferentes actividades agrícolas provocan un desgaste del suelo y al no ser repuesta la materia orgánica se pierde su utilidad y rendimiento.

En Ecuador, los residuos de caña de azúcar son muy abundantes; debido a su importancia se puede encontrar grandes cultivos y los diferentes usos que se le da como por ejemplo en la producción de azúcar de mesa, panela y guarapo; estos residuos generalmente no son aprovechados de ninguna forma y son quemados como una forma de eliminación.

Por lo tanto con el presente estudio se busca mejorar y mantener la capacidad productiva del suelo por medio del aprovechamiento de desechos agroindustriales como los residuos de la caña de azúcar y la planta acuática azolla, para la elaboración de abono orgánico y así incrementar de forma

significativa los beneficios de las cosechas y evitar la degradación de los suelos.

Un abono orgánico de buenas características debe poseer un color oscuro indicativo de que existe de una buena cantidad de materia orgánica, gran diversidad de microorganismos y nutrientes disponibles para que las plantas puedan asimilarlos. Los abonos orgánicos además de proteger el suelo, garantizan una alimentación más sana por la disminución del uso de pesticidas y abonos químicos.

Los microorganismos eficientes (EM's) en este caso ayudan a la degradación de la materia orgánica, permitiendo que los nutrientes estén disponibles para otros organismos en el lugar donde se los aplica.

Ciertas algas o plantas acuáticas como azolla en cambio, aportan con biomasa para los cultivos, además de realizar simbiosis con la cianobacteria *Anabaena azollae* que capta y fija el nitrógeno del aire y lo convierte en abono que puede ser utilizado por las plantas.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

Producir abono orgánico a partir de residuos de caña de azúcar y azolla con la aplicación de microorganismos eficientes (EM's).

1.4.2 Específicos

- Elaborar pilas para la obtención de abono orgánico a partir de residuos de caña, azolla y microorganismos eficientes (EM's), bajo condiciones controladas.
- Determinar la mejor formulación para la elaboración de abono orgánico con residuos de caña de azúcar, azolla y microorganismos eficientes (EM's) en función del grado de degradación, calidad y cantidad de nutrientes.
- Determinar el costo – beneficio de elaborar y aplicar este abono orgánico.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes investigativos

Con la aplicación de azolla se hace un notable aporte de nutrientes, se mejoran las condiciones fisicoquímicas del sustrato y se reducen los nematodos producto de la liberación de sustancias con actividad nematicida, aumentando así el rendimiento (García *et al*, 2001).

Según Castro et al (2002), en el cultivo de arroz con azolla, un aspecto a tener en cuenta es la disminución de la temperatura del agua, lo que reduce la velocidad de las reacciones que facilitan la volatilización del nitrógeno, lo que puede influir en la cantidad de nitrógeno absorbido por la planta y por lo tanto en el rendimiento.

Castro (2003), menciona que el uso de azolla incrementa los contenidos de materia orgánica y potasio del suelo y que en su estudio observó también un efecto positivo al incrementar la dosis de fertilización nitrogenada.

Según Domínguez et al (2003), la paja de caña es un agente beneficioso para el hombre, si se usa correctamente en algunas de las siguientes formas:

1. Como fertilizante para los suelos o como capa para cubrir los mismos para evitar el crecimiento de malas hierbas en las áreas de producción de la caña de azúcar.
2. Como combustible en la industria para generar electricidad o para la limpieza de los equipos al finalizar la cosecha.

La quema de la paja de caña es altamente destructiva; si ella se quema libremente y sus residuos pasan directamente al medio ambiente, pues envenena la atmósfera y provoca variaciones climatológicas, dañando al hombre y a nuestra agricultura.

La utilización de los desechos orgánicos y los residuos vegetales en la agricultura es de gran importancia por el beneficio que ello reporta al suelo y a las plantas (Vento et al, 2004).

García (2006), menciona que después de cuatro años de siembras donde se usó azolla, se obtuvieron rendimientos promedio superiores a los iniciales del tratamiento testigo en ambos cultivos.

Según García et al (2008), en todos los experimentos se observa el decrecimiento de la infestación de nemátodos fitoparásitos productores de agallas, con la incorporación de azolla; efecto observable en cultivos como: lechuga, pepino, remolacha, zanahoria, tomate y acelga. En el caso de la lechuga dura hasta la segunda cosecha.

Las cosechas con el mínimo de agroquímicos favorecen el desarrollo de producciones cada vez más ecológicas y orgánicas. Para ello se requiere de la búsqueda de alternativas de fertilización orgánica que permitan el crecimiento y desarrollo de cultivos con rendimientos aceptables y de buena calidad. (Vento et al, 2010).

El monocultivo con caña de azúcar y uso de la quema para la cosecha es una práctica común en los países cañeros, que ocasiona la degradación del suelo, mediante la disminución del carbono orgánico aún sin aplicar fertilizantes minerales. No obstante la emisión de carbono hacia la atmósfera, por efecto de la quema de una parte de la biomasa aérea de la caña de azúcar, es menor que

la captura o secuestro de carbono que realiza esa biomasa (Cabrera *et al*, 2010).

2.2 Fundamentación filosófica

Este trabajo posee un enfoque crítico propositivo ya que parte de la investigación experimental y del análisis de información bibliográfica como herramientas metodológicas básicas; las mismas que permitirán obtener resultados cuya interpretación a su vez servirá para validar una hipótesis encaminada a la proposición de una alternativa de solución eficaz a un problema real del entorno.

2.3 Fundamentación legal

Como fundamento legal se considera lo establecido en la constitución de la República del Ecuador 2008 – Derechos del Buen Vivir. Donde uno de los objetivos del plan nacional del Buen Vivir es garantizar los derechos de la naturaleza y promover un ambiente sano y sustentable. Sección primera: Agua y alimentación y sección segunda: Ambiente sano Art. 12, 13, 14 y 15 (ver anexo 1a).

Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio de Ambiente (TULAS 2009). Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados: Libro VI anexo 2, sección 4.3 Norma técnica de evaluación agrológica del suelo (ver anexo 1b).

2.4 Categorías fundamentales

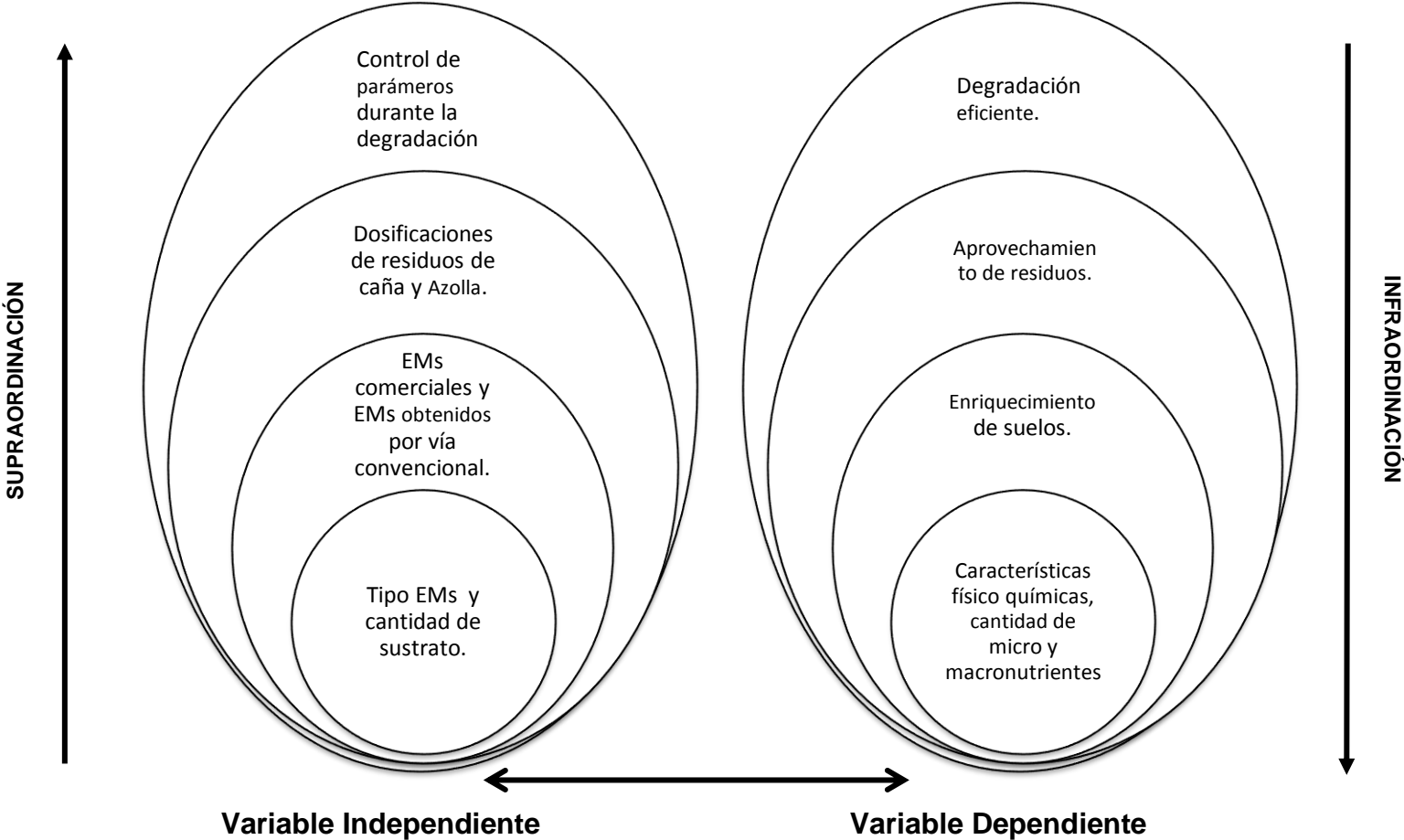


Gráfico N°2: Categorías Fundamentales
Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

2.4.1 Marco conceptual variable independiente

2.4.1.1 Tipo de EM´s y cantidad de sustratos.

a) Generalidades

Los abonos orgánicos han sido catalogados principalmente como enmiendas o mejoradores del suelo. La disponibilidad de nutrientes de los abonos orgánicos es usualmente baja y variable, si se compara con los fertilizantes minerales; a diferencia de estos últimos, los orgánicos requieren mineralización previa la cual puede durar desde semanas hasta meses, sin que esta sea total ni el único proceso que los afecta (Castro, 2009).

La calidad de un compost es usualmente determinado por parámetros químicos los cuales dan una determinación exacta de cada sustancia, y los parámetros biológicos los cuales permiten evaluar la estabilidad del compuesto como un todo. Sin embargo, desde el punto de vista práctico la madurez del compost puede ser medido basándose en el potencial de utilización para el propósito agrícola, lo que significa que la calidad del compost puede ser evaluado en función a la producción agrícola y en el mejoramiento de las propiedades del suelo (Soto et al., 2003).

En un proceso de compostaje siempre se deben controlar la temperatura (del orden de los 60°C), la humedad (del orden del 40 a 65%), la aireación (mediante un volteo con maquinaria apropiada, para que no existan condiciones anaerobias), la relación C/N (para conocer ciertas características como fertilizante), el pH (que evoluciona de 4.5-5 al principio, a 8-9 en pleno proceso y , finalmente, a 7, al madurar el producto) (Seoáñez, 2001).

b) Caña de azúcar

Ecuador es un país mega- diverso, donde la caña de azúcar supera las 82 000 ha dedicadas a la producción de azúcar. Otras áreas se cultivan para otras producciones, como etanol, panela, confites, etc. (Pincay, 2007).

Debido a la gran cantidad de lignocelulosa (aproximadamente el 60% de la materia seca), es importante conocer el proceso de degradación de la paja, porque las reacciones implicadas proporcionan carbono rápidamente disponible para el crecimiento de microorganismos del suelo (Deng et al., 1994). La comunidad de microorganismos celulolíticos en el suelo es bastante grande, por consiguiente, es de esperar una actividad significativa en la descomposición de los materiales celulósicos. En suelos con diferentes cultivos, fuentes de fósforo y de encalado, el número de bacterias y de hongos celulolíticos fue de 80 y 38% del total, respectivamente (Sanomiya et al., 2003).

La degradación completa de la celulosa depende de un sistema complejo de enzimas, constituido por endo- y exo-glucanasas y β -glucosidasa, sin embargo, no todos los microorganismos secretan todas las celulasas (Béguin et al., 2000). Una baja velocidad de descomposición se ha atribuido a la deficiencia de N y a la presencia de constituyentes recalcitrantes en los vegetales. La paja de la caña de azúcar de la variedad SP 71-616338 contiene 38% de carbono y 0,5% de nitrógeno (Abramo, 1995). Por eso se adiciona fertilizante nitrogenado para aumentar la velocidad de descomposición de la pajada de caña.

c) Azolla

La azolla, es un helecho acuático que crece libremente en aguas estancadas de muchas zonas del mundo, existiendo muchas especies, siendo las más conocidas, *Azolla caroliniana*, *Azolla filiculoides*, *Azolla mexicana* y *Azolla*

pinnata, etc. La utilización de azolla en los cultivos ha demostrado que resuelve en gran parte los problemas que afronta la fertilización química, como son: a) los elevados costos de producción y, b) la contaminación ambiental a la que conlleva su uso y que se traduce en el empobrecimiento de los suelos (Díaz et al., 2013).

También puede ser empleado como alimento de animales menores y en el tratamiento de aguas contaminadas. La azolla se emplea como fuente proteica para la producción animal, como forraje seco o fermentado, por su alto contenido en nutrientes, de allí su uso como alimento fresco. La azolla es rica en aminoácidos al ser comparada con una proteína de composición óptima, por lo que ha sido utilizada en la alimentación de cerdos, pollos, gansos, patos, conejos y rumiantes; y también como pienso en la acuicultura, en Asia y parte de Africa. Asimismo, se ha informado sobre la utilización de azolla en el tratamiento de aguas servidas y contaminadas con metales pesados (Díaz et al., 2013).

El rendimiento de la lechuga se incrementa con aplicaciones de azolla. Esto se debe al aporte de nutrientes al descomponerse el helecho y a mejores condiciones físico-químicas que se crean en el suelo con la aplicación de este abono verde (Castro et al., 2006).

d) Rumen bovino

Los rumiantes se caracterizan por su capacidad para alimentarse de pasto o forraje. Esta característica se basa en la posibilidad de poder degradar los hidratos de carbono estructurales del forraje, como celulosa, hemicelulosa y pectina, muy poco digestibles para las especies de estómago simple o no-rumiantes. Basada en esta diferencia fundamental, la fisiología digestiva del rumiante adquiere características particulares. La degradación del alimento se

realiza mayoritariamente por digestión fermentativa y no por acción de enzimas digestivas, y los procesos fermentativos los realizan diferentes tipos de microorganismos a los que el rumiante aloja en sus divertículos estomacales (DE). Por esta razón tenemos que tener presente que al alimentar a los rumiantes primero estamos alimentando a los microorganismos rúmales, y que para su buen desarrollo tiene que haber un medio ruminal favorable para ello. De esta forma hay una simbiosis entre las bacterias y el animal (Relling y Mattioli, 2002).

El rumen es el compartimiento más voluminoso y está en contacto con la pared abdominal izquierda. La mucosa del rumen presenta papilas digitiformes cuyo tamaño y grado de queratinización dependen del estímulo provocado por el tipo de dieta que está consumiendo el rumiante. Cada microorganismo posee un rango de pH óptimo para desarrollarse. La flora normal del rumen desarrolla en un rango de pH de 5,5 a 6,9 (Relling y Mattioli, 2002).

Los microorganismos responsables de la digestión fermentativa incluyen bacterias, protozoos y hongos. Las bacterias representan la fracción de la población ruminal imprescindibles para la vida del rumiante (Relling y Mattioli, 2002).

Si bien existe una amplia variedad de bacterias y alternativas para clasificarlas, resulta útil agruparlas en base a los sustratos que emplean y a los productos finales de su fermentación:

Tabla N° 1 Clasificación funcional de las bacterias rúmiales

Grupo de bacterias	Característica funcional	Principales productos finales de su metabolismo
Celulolíticas	fermentan hidratos de carbono estructurales de la pared celular (celulosa, hemicelulosa y pectinas)	AGV (especialmente acetato)
Amilolíticas	fermentan hidratos de carbono de reserva de granos (almidón)	AGV (especialmente propionato)
Sacarolíticas	fermentan hidratos de carbono simples (azúcares vegetales)	AGV (especialmente butirato)
Lactolíticas	metabolizan el lactato	AGV (especialmente propionato)
Lipolíticas	metabolizan las grasas	Acidos grasos libres y AGV (especialmente propionato)
Proteolíticas	degradan las proteínas	AGV y amoniaco (NH₃)
Metanógenas	producen metano	metano (CH₄).
Ureolíticas	hidrolizan la urea	CO₂ y NH₃.

Elaborado por: Relling y Mattioli 2002.

Debe tenerse en cuenta que esta clasificación en grupos no es excluyente, sino que una misma especie bacteriana puede cumplir más de una función metabólica. Por otro lado los microorganismos actúan en sistemas cooperativos dentro de un complejo ecosistema, en el cual simplemente sobresale la acción de una especie como productora de una actividad, pero ésta depende de las condiciones que establecen en conjunto toda la biomasa (Relling y Mattioli, 2002).

El número de bacterias varía entre 10^{10} y 10^{11} por gramo de líquido ruminal, lo cual representa entre 3 y 8 kilos de bacterias en el rumen de un bovino adulto. Esta concentración varía en relación directa con el contenido energético de la dieta. Otro factor que afecta el desarrollo bacteriano es el pH ruminal. Dentro del rango fisiológico, por ejemplo, la flora celulolítica desarrolla mejor en el extremo menos ácido (6,0 a 6,9) mientras que a la flora amilolítica le es favorable el extremo más ácido (5,5 a 6,0). La importancia nutricional de las

bacterias radica en que son responsables de la mayor parte de la actividad celulolítica del rumen, y por otro lado son capaces de sintetizar sus proteínas a partir de compuestos nitrogenados no proteicos (NNP), especialmente amoníaco (NH₃) (Relling y Mattioli, 2002).

e) Microorganismos Eficientes

En los últimos años los agricultores cubanos han impulsado varios programas con el fin de elevar su cosechas durante todo el año, entre los que se encuentran la tecnología de los microorganismos eficientes (ME), la que según Copo (2004), se ha convertido en una ciencia importante para la agricultura. Los microorganismos eficientes son una cultura mixta de microorganismos benéficos que pueden aplicarse como inoculante para incrementar la diversidad microbiana de los suelos, aumentando la calidad y la salud de los mismos, así como el crecimiento y el rendimiento de los cultivos. (Red de Agricultura Natural de la Región Asia/ Pacífico (APNAN), 2004).

Los Microorganismos Eficientes (EM) fueron desarrollados en la década de los 70's y están conformados esencialmente por tres diferentes tipos de organismos: levaduras, bacterias ácido lácticas y bacterias fotosintéticas, las cuales desarrollan una sinergia metabólica que permite su aplicación en diferentes campos de la ingeniería. Las principales aplicaciones a nivel industrial se han concentrado en el aprovechamiento de suelos, residuos agropecuarios y tratamientos de aguas (Rodríguez, 2009).

Hurtado (2001), manifiesta que los microorganismos eficientes actúan de manera que toman sustancias generadas por otros organismos basando en ello su funcionamiento y desarrollo, así mismo IDIAF (2009), expresa que a través de los efectos antioxidantes promueven la descomposición de la materia orgánica y aumentan el contenido de humus. Los efectos antioxidantes de estos

microorganismos pasan directamente al suelo e indirectamente a las plantas, manteniendo así la proporción de NPK y CN.

2.4.2 Marco conceptual variable dependiente

2.4.2.1 Características físico químicas, cantidad de micro y macronutrientes.

a) Carbono

El carbono orgánico del suelo (COS) es un componente importante del ciclo global del C, ocupando un 69,8 % del C orgánico de la biosfera (FAO, 2001). El suelo puede actuar como fuente o reservorio de C dependiendo de su uso y manejo (Lal et al., 1990, Lal, 1997). Se estima que desde que se incorporan nuevos suelos a la agricultura hasta establecer sistemas intensivos de cultivo se producen pérdidas de COS que fluctúan entre 30 y 50% del nivel inicial (Reicosky, 2002). La pérdida de material húmico de los suelos cultivados es superior a la tasa de formación de humus de suelos no perturbados por lo que el suelo, bajo condiciones de cultivo convencionales, es una fuente de CO₂ para la atmósfera (Kerny Johnson, 1993, Gifford, 1994, y Reicosky, 2002). Existen prácticas agronómicas que favorecen la captura de C en el suelo (West y Post, 2002). La labranza de conservación (Lal, 1997), que incluye a la cero labranza (FAO, 2001), es un sistema de manejo de para secuestrar C en el suelo (Rasmussen y Parton, 1994, Rosell, 1999).

El carbono orgánico del suelo, COS, afecta la mayoría de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo vinculadas con su: 1) calidad (Carter, 2002, Wander et al., 2002), 2) sustentabilidad (Carter, 2002, Acevedo y Martínez, 2003) y 3) capacidad productiva (Sánchez et al., 2004, Bauer y Black, 1994) por lo que en un manejo sustentable, el COS debe mantenerse o

aumentarse. Sin embargo, establecer una clara relación de dependencia entre el COS y la productividad del suelo es complejo (Moreno et al., 1999).

Las existencias de carbono orgánico presente en los suelos naturales representan un balance dinámico entre la absorción de material vegetal muerto y la pérdida por descomposición (mineralización). En condiciones aeróbicas del suelo, gran parte del carbono que ingresa al mismo es lábil y sola una pequeña fracción (1%) del que ingresa (55 Pg/año) se acumula en la fracción húmica estable (0,4 Pg/año). La materia orgánica del suelo tiene una composición muy compleja y heterogénea y está por lo general mezclada o asociada con los constituyentes minerales del suelo (Balesdent, 1996).

Los diferentes reservorios de carbono que existen en el suelo tienen distintos tiempos medios de residencia variando de uno a pocos años, dependiendo de la composición bioquímica por ejemplo, la lignina es más estable que la celulosa, a décadas o a más de 1000 años (fracción estable). También hay alguna conexión con la composición, pero principalmente con el tipo de protección o el tipo de uniones químicas (Puget et al., 1995; Balesdent et al., 2000).

b) Nitrógeno

El nitrógeno es el elemento mineral más importante en la nutrición de las plantas, y es el fertilizante más empleado por los agricultores, debiendo a éste hasta el 75% de los aumentos de rendimiento en muchos cultivos (Díaz et al., 2013).

Las plantas requieren grandes incrementos de nitrógeno para crecer, que cualquier otro nutriente mineral, por lo que la disponibilidad de este nutriente en

el suelo, limita la productividad en los ecosistemas naturales y agrícolas (Díaz et al., 2013).

El nitrógeno es el elemento mineral esencial más importante de los organismos vivos. Está estructuralmente formando parte de los ácidos nucleicos (ADN, RNAm, RNAr, RNAt, etc.), bases nitrogenadas (adenina, timina, citocina, guanina, uracilo), aminoácidos (glutamato, lisina, triptófano, metionina, etc.), formando proteínas estructurales y funcionales, como las enzimas que intervienen regulando las vías metabólicas. El nitrógeno participan, en el metabolismo secundario de la planta y también constituye parte de otras moléculas como las vitaminas, clorofilas, etc (Díaz et al., 2013).

Relación C/N

La relación ideal C/N esta alrededor de 10, sin embargo, la disponibilidad del Carbono en esta relación depende del tipo de compuesto en que predomine el C, como lignina, polisacáridos, lo cual determina la resistencia a la descomposición y por lo tanto la disponibilidad de N (Soto et al., 2003).

La acción microbiana puede mineralizar o inmovilizar el nitrógeno. El principal factor que determina cuál de los procesos va a ocurrir es la relación carbono-nitrógeno (C:N). Los microorganismos utilizan el nitrógeno para construir sus propios materiales y como fuente energética. La cantidad de nitrógeno que necesita la población microbiana es proporcional a la cantidad de carbono que ingresa en ella (Thompson, 1988).

Macro y micronutrientes

El contenido en nutrientes de los suelos de cultivo depende tanto del material de partida, como de los aportes de fertilizantes, sin olvidar la posible acción de

la contaminación atmosférica, que puede motivar incrementos significativos de la concentración de determinados elementos en zonas con cantidades importantes de deposición por vía húmeda y/o seca (Alloway, 1995; Dixon & Weed, 1989).

Por otro lado, la disponibilidad de los nutrientes del suelo no sólo está relacionada con los procesos que afectan a su retención o movilidad sino que depende de diversos factores físico-químicos. Esencialmente, los factores que afectan a la disponibilidad de nutrientes son pH, contenido en materia orgánica, textura y potencial redox (Loué, 1988).

Debido a la complejidad de las reacciones químicas y de los procesos que determinan el aumento o la pérdida de nutrientes en el suelo, es difícil predecir el comportamiento de los mismos. Como primera aproximación, y en base a la extracción con reactivos más o menos selectivos y específicos para una forma o asociación físico-química particular, se admite (Alloway, 1995) que los nutrientes del suelo se pueden encontrar en 5 fracciones o estados: soluble, intercambiable, asociados a la materia orgánica, asociados a óxidos, asociados a minerales primarios y secundarios. También se admite que la fracción más lábil, en la que se encuentra la porción de un elemento asimilable a corto y medio plazo está formada por los tres primeros estados: soluble, intercambiable y asociada a la materia orgánica. Por tanto, el contenido total de un nutriente en un suelo no da idea de la cantidad que está disponible para la planta.

El análisis del suelo es una herramienta bastante eficaz para evaluar el nivel de fertilidad del mismo y permite efectuar pronósticos sobre las necesidades de abonado y por ello se viene utilizando desde finales del siglo XIX como el principal criterio para diagnosticar la acidez del suelo y la disponibilidad de algunos macronutrientes (P, K, Ca y Mg) (Abreu et al. 1996; Navarro Blaya & Navarro García, 2000).

Por lo que respecta a los micronutrientes (por ejemplo, B, Cu, Fe, Mn, Mo y Zn), el volumen de estudios efectuados es mucho más limitado. La presencia de deficiencias en determinados cultivos, y sobre diferentes tipos de suelos, ha potenciado el análisis de la disponibilidad de micronutrientes. Los problemas de déficit de micronutrientes tienden a agravarse debido, entre otros, a los siguientes factores: (a) existencia de suelos con niveles bajos de micronutrientes, debido a la composición de la roca; (b) agotamiento de micronutrientes en suelos fértiles, acelerado por el aumento de la productividad; (c) práctica de encalado, que reduce la disponibilidad de todos los microelementos, excepto Mo; (d) prácticas de encalado deficientes, por ejemplo, aplicando en la capa de 0-10 cm de profundidad, cantidades recomendadas para la de 0-20 cm. (Abreu et al. 1996).

Prueba de germinación

La fitotoxicidad de los compost puede evaluarse a través de la germinación de semillas o, elongación de raíces o el crecimiento de plantas en compost solos o en mezcla con el suelo (Soto et al., 2003).

2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis nula

El tipo de microorganismos eficientes y la formulación de los sustratos no influyen en la calidad del abono orgánico.

2.5.2 Hipótesis alternativa

El tipo de microorganismos eficientes y la formulación de los sustratos influyen en la calidad del abono orgánico.

2.6 Señalamiento de variables de la hipótesis

- *Variables independientes:*

Microorganismos eficientes
Cantidad de los sustratos.

- *Variable dependiente:*

Características físico químicas, cantidad de macro y micronutrientes.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Enfoque

Esta investigación tiene un enfoque predominantemente cuantitativo y cualitativo.

Cuantitativo porque se permitió determinar la cantidad de materia orgánica, macro y micronutrientes presentes en el abono orgánico elaborado.

Cualitativo por que se han determinado las condiciones óptimas para la elaboración del abono orgánico con la utilización de microorganismos eficientes, azolla y residuos de la caña de azúcar.

3.2 Modalidad básica de la investigación

En este estudio se emplearon los siguientes tipos de investigación: experimental, bibliográfica y de campo.

- Experimental, porque el investigador determino las variables de estudio y de esta manera se pudo controlar el aumento o disminución de las variables y su influencia en el resultado para la obtención del mejor tratamiento.

- Bibliográfica, ya que se realizó una revisión de diferentes fuentes bibliográficas o documentales como por ejemplo de manuales, journals, tesis de doctorado, libros, etc., esta revisión se lleva a cabo en bibliotecas e internet.

- De campo, porque se buscó dar solución a un problema real justo en el lugar donde se produce.

3.3 Nivel o tipo de investigación

Se aplicó una investigación básica exploratoria porque se basó en la búsqueda de información científica, económica y social.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Diseño experimental

Se ha aplicado un diseño factorial A*B (6*2) con una réplica, es decir un total de 12 tratamientos por dos que es igual a 24 camas de abono orgánico, de 6 kg cada una.

Modelo Matemático.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + R_k + E_{ijk}$$

Dónde:

μ = efecto global

A_i = efecto del i-ésimo nivel del factor A; $i=1, \dots, a$

B_j = efecto del j-ésimo nivel del factor B; $j=1, \dots, b$

$(AB)_{ij}$ = efecto de la interacción entre los factores A y B

R_k = efecto de las replicaciones: $k=1, \dots, r$

E_{ijk} = efecto residual.

Los factores y los niveles con los que se trabajó en el diseño experimental fueron:

Factor A: Tipo y cantidad de sustrato

a0: 0% de bagazo, 0% de azolla, 40% de suelo

a1: 0% de bagazo, 60% de azolla, 40% de suelo

a2: 60% de bagazo, 0% de azolla, 40% de suelo

a3: 30% de bagazo, 30% de azolla, 40% de suelo

a4: 45% de bagazo, 15% de azolla, 40% de suelo

a5: 15% de bagazo, 45% de azolla, 40% de suelo

Factor B: Tipo de microorganismos eficientes (EM´s)

b0: Marca Comercial (EM•1Microorganismos eficaces)

b1: Microorganismos atrapados de forma casera.

De esta manera se dispuso de 24 camas de abono orgánico, identificadas según los siguientes tratamientos:

Tabla N° 2 Tratamientos aplicados en la elaboración de abono orgánico.

Tratamiento	Mezclas	Combinación de los tratamientos
T1	a0b0	0% de bagazo, 0% de azolla, 100% de suelo + Marca Comercial (EM•1Microorganismos eficaces)
T2	a0b1	0% de bagazo, 0% de azolla, 100% de suelo + Microorganismos atrapados de forma casera
T3	a1b0	0% de bagazo, 60% de azolla, 40% de suelo + Marca Comercial (EM•1Microorganismos eficaces)
T4	a1b1	0% de bagazo, 60% de azolla, 40% de suelo + Microorganismos atrapados de forma casera
T5	a2b0	60% de bagazo, 0% de azolla, 40% de suelo + Marca Comercial (EM•1Microorganismos eficaces)

T6	a2b1	60% de bagazo, 0% de azolla, 40% de suelo + Microorganismos atrapados de forma casera.
T7	a3b0	30% de bagazo, 30% de azolla, 40% de suelo + Marca Comercial (EM•1Microorganismos eficaces)
T8	a3b1	30% de bagazo, 30% de azolla, 40% de suelo + Microorganismos atrapados de forma casera
T9	a4b0	45% de bagazo, 15% de azolla, 40% de suelo + Marca Comercial (EM•1Microorganismos eficaces)
T10	a4b1	45% de bagazo, 15% de azolla, 40% de suelo + Microorganismos atrapados de forma casera
T11	a5b0	15% de bagazo, 45% de azolla, 40% de suelo + Marca Comercial (EM•1Microorganismos eficaces)
T12	a5b1	15% de bagazo, 45% de azolla, 40% de suelo + Microorganismos atrapados de forma casera

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Parámetros de control.

- Temperatura: cada 3 días a 20 cm de profundidad.
- pH: Una vez por semana.
- Humedad: una vez por semana (60 ± 10%)

Respuestas Experimentales

- Al inicio y al final del proceso de compostaje se midió:

Cantidad de materia orgánica (una vez por semana)

Carbono total (una vez por semana)

Nitrógeno total (dato inicial y final)

Relación C/N (dato inicial y final)

Sobre todos los tratamientos se realizó volteo 1 vez por semana.

Al mejor tratamiento se aplicó análisis: físico-químicos, de macro y micronutrientes.

Al final del proceso de descomposición se observó el comportamiento de semillas de lechuga cultivadas en los sustratos orgánicos obtenidos.

3.5 Operacionalización de variables

Tabla N° 3 Variable Independiente: Tipo de EMs y cantidad de sustratos.

Conceptualización	Categoría	Subcategoría	Indicadores	Ítems	Técnicas Instrumentos
<p>- Tipos de EMs.</p> <p>Se les conoce como microorganismos eficientes a la combinación de una bacteria ácido láctica, una bacteria fototrófica y una levadura (Ladino et al, 2009).</p>	<p>- Marca comercial (EM•1 Microorganismos eficaces) de la Agearth-Ecuador</p> <p>- Atrapados de forma casera.</p>	<p>Bacteria Acidolácticas 10^4</p> <p>Bacteria Fototróficas 10^3</p> <p>Hongos y levaduras 10^3</p> <p>Microorganismos celulolíticos presentes en el rumen bovino</p>	<p>Velocidad de descomposición de materia orgánica.</p>	<p>Degradación de materia orgánica.</p>	<p>Fuentes bibliográficas.</p> <p>Resultados previos.</p> <p>Experimentación</p>
<p>- Cantidad de sustratos.</p> <p>Residuos de caña: son residuos agrícolas resultantes de la cosecha cañera (León, 2013).</p> <p>Azolla: es el abono verde más utilizado en cosecha de arroz, debido a su alta capacidad de multiplicarse y la fijación de nitrógeno (Castro, 2003).</p> <p>Suelo desgastado: con muy poco contenido de materia orgánica</p>	<p>Diferentes formulaciones.</p>	<p>Residuos de caña de azúcar, azolla y suelo desgastado.</p>	<p>Peso (Kg)</p>	<p>Abono orgánico de mayor calidad.</p>	<p>Fuentes bibliográficas.</p> <p>Resultados previos.</p> <p>Experimentación</p>

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla N° 4 Variable Dependiente: Características físico químicas, cantidad de micro y macronutrientes.

Conceptualización	Categoría	Subcategoría	Indicadores	Ítems	Técnicas Instrumentos
<p>Características físico químicas.</p> <p>Cantidad de micro y macronutrientes</p>	<p>- pH - Temperatura - Humedad</p> <p>Cantidad de materia orgánica producida, C, N, C/N. Macronutrientes: P, K, Ca, Mg. Micronutrientes: Fe, Zn, Mn, Cu</p>	<p>- pH: 6.5 a 8 - Temperatura: ambiente a 70°C - Relación C/N: 20 a 1.</p>	<p>Mayor cantidad de nutrientes en el abono orgánico</p>	<p>Análisis físicos químicos.</p> <p>Estudio Económico.</p>	<p>Fuentes bibliográficas.</p> <p>Resultados previos.</p> <p>Experimentación: - pH: (Método APHA, 2000) - Humedad: (Método APHA, 2000) - Materia orgánica: cenizas (Método APHA, 2000) - Carbono: Carbono orgánico total (Método APHA, 2000) - Nitrógeno: PEE/LABCESTTA/88 kjedahl. - Fe: PEE/LABCESTTA/197 EPA 3051 a /EPA 200.7 ICP - Cu: PEE/LABCESTTA/197 EPA 3051 a /EPA 200.7 ICP - Mn: PEE/LABCESTTA/197 EPA 3051 a /EPA 200.7 ICP - Zn: PEE/LABCESTTA/197 EPA 3051 a /EPA 200.7 ICP - P: PEE/LABCESTTA/197 EPA 3051 a /EPA 200.7 ICP - K: PEE/LABCESTTA/197 EPA 3051 a /EPA 200.7 ICP - Ca: PEE/LABCESTTA/197 EPA 3051 a /EPA 200.7 ICP - Mg: PEE/LABCESTTA/197 EPA 3051 a /EPA 200.7 ICP</p>

Elaborado por: María Fernanda Garcés 2014.

3.6 Recolección de información

La recolección de información se realizó durante el desarrollo de la fase experimental de acuerdo al diseño planteado. Se dispuso de 12 tratamientos con un duplicado, por lo cual, para cada análisis se realizaron 24 corridas.

3.7 Aplicación de los tratamientos

Se partió de la activación de los microorganismos eficientes de la marca comercial (EM•1 Microorganismos eficaces), como se indica en la instrucciones del envase para lo cual se procedió a mezclar 1 galon de EM•1, 1 galón de melaza y 18 galones de agua potable. Se depositó la mezcla en un envase limpio y cerrado herméticamente durante 7 días, dejando escapar los gases por medio de una manguera.

Luego se realizó la recolección de los residuos de caña de azúcar, azolla, rumen bovino y suelo con poca cantidad de materia orgánica que se recogió en el Caserío San Vicente del Cantón Quero de la provincia de Tungurahua. La caña se picó previamente para disminuir su tamaño (4 ± 2 cm) en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato (UTA). Luego con la materia prima lista se procedió al armado de los tratamientos y sus réplicas.

En el caso de los EM's caseros se obtuvieron realizando una dilución de rumen bovino con agua potable libre de cloro (1/2.87). Se mezcló hasta obtener una mezcla homogénea y se tomó 2000 ml de la fase líquida y se aplicó en los tratamientos.

Se pesó cada uno de los materiales según correspondían a las formulaciones de los tratamientos utilizando una balanza digital colgante, como se observa en la tabla N°4. Las muestras se removieron y colocaron en baldes limpios que se

sellaron herméticamente para evitar la entrada de oxígeno disponiendo de una manguera de desfogue conectada a una botella con agua.

Tabla N° 5 Dosificación en kg de los tratamientos aplicados en la obtención del abono orgánico.

Tratamiento	Mezclas	Combinación de los tratamientos
T1	a0b0	0 kg de bagazo, 0 kg de <i>azolla</i> , 6 kg de suelo + Marca Comercial (EM•1Microorganismos eficaces).
T2	a0b1	0 kg de bagazo, 0 kg de <i>azolla</i> , 6 kg de suelo + Microorganismos atrapados del rumen.
T3	a1b0	0 kg de bagazo, 3.6 kg de <i>azolla</i> , 2.4 kg de suelo + Marca Comercial (EM•1Microorganismos eficaces).
T4	a1b1	0 kg de bagazo, 3.6 kg de <i>azolla</i> , 2.4 kg de suelo + Microorganismos atrapados del rumen.
T5	a2b0	3.6 kg de bagazo, 0 kg de <i>azolla</i> , 2.4 kg de suelo + Marca Comercial (EM•1Microorganismos eficaces).
T6	a2b1	3.6 kg de bagazo, 0 kg de <i>azolla</i> , 2.4 kg de suelo + Microorganismos atrapados del rumen.
T7	a3b0	1.8 kg de bagazo, 1.8 kg de <i>azolla</i> , 2.4 kg de suelo + Marca Comercial (EM•1Microorganismos eficaces).
T8	a3b1	1.8 kg de bagazo, 1.8 kg de <i>azolla</i> , 2.4 kg de suelo + Microorganismos atrapados del rumen.
T9	a4b0	2.7 kg de bagazo, 0.9 kg de <i>azolla</i> , 2.4 kg de suelo + Marca Comercial (EM•1Microorganismos eficaces).
T10	a4b1	2.7 kg de bagazo, 0.9 kg de <i>azolla</i> , 2.4 kg de suelo + Microorganismos atrapados del rumen.
T11	a5b0	0.9 kg de bagazo, 2.7 kg de <i>azolla</i> , 2.4 kg de suelo + Marca Comercial (EM•1Microorganismos eficaces).
T12	a5b1	0.9 kg de bagazo, 2.7 kg de <i>azolla</i> , 2.4 kg de suelo + Microorganismos atrapados del rumen.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

3.7.1 Determinación del número de Ufc de los EM´s.

Se prepararon diluciones con agua potable estéril en el caso de los microorganismos comerciales se realizó una dilución de 1×10^5 y de los microorganismos del rumen bovino de 1×10^8 y se sembraron 0.5 μ l en medio nutritivo estéril, se incubaron los microorganismos comerciales a 28°C y los del rumen a 39°C.

Después del período de incubación se contaron las placas y se determinó el número de ufc y se aplicó a los tratamientos correspondientes en la misma concentración.

3.7.2 Temperatura

Se colocó un termómetro termocupla a unos 20 cm de profundidad en cada tratamiento y una vez estabilizada la lectura se tomó la temperatura, esta medición se realizó en situ.

3.7.3 Medición de pH

Se pesaron 10 gr de muestra y se mezclaron con 50 ml de agua destilada (relación 1:5, p:v) manteniendo en agitación; una vez estabilizada la lectura se midió el pH usando un phmetro marca HANNA HI 9126.

3.7.4 Humedad

Se determinó por gravimetría (Método APHA, 2000), cuantificando la pérdida de peso de 10 gr de muestra después de secarla en estufa a 105°C durante 24 horas.

3.7.5 Cenizas, sustancia orgánica

Luego de la determinación de humedad las muestras se llevaron a calcinación en la mufla de 430 a 450°C durante dos horas. Se dejaron enfriar las muestras en un desecador y se pesaron. (Método APHA, 2000).

3.7.6 Carbono orgánico total

Se realizó una determinación fotométrica (Método APHA, 2000), para lo cual se utilizó potasio dicromato (5%), ácido sulfúrico (concentrado), cloruro de bario (solución: 4 gr de $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, aforando a 1000 ml con agua destilada), glucosa estándar, equivalente a 5 % de carbono orgánico (se pesó 12.5 gr de glucosa seca y aforó a 100 ml con agua destilada).

A partir de la solución estándar al 5% de carbono orgánico se realizaron diluciones.

Tabla N° 6 Diluciones para la curva de calibración

#	Cantidad	Concentración
Blanco	0 µl	
Std 1	100 µl	0,5 %
Std 2	200 µl	1,0 %
Std 3	300 µl	1,5 %
Std 4	400 µl	2,0 %
Std 5	500 µl	2,5 %
Std 6	600 µl	3,0 %
Std 7	700 µl	3,5 %
Std 8	800 µl	4,0 %

Se colocó 1 gr de muestra en tubos de digestión y se añadió a todos los tubos:

- 10 ml de $K_2Cr_2O_7$ (5%)
- 5 ml de ácido sulfúrico concentrado

Se colocaron los tubos en un bloque de digestión y se calentaron a $150^\circ C$ durante media hora. Una vez frías las muestras y estándares, se aforaron a 50 ml con la solución de $BaCl_2 \cdot 2H_2O$, se agitaron bien y se dejaron en reposo por 12 horas. El día siguiente, se realizó la determinación fotométrica en la longitud de onda de $\lambda = 586 \text{ nm}$ en un espectrofotómetro Termo Scientific 4001-000 Genesys 20.

Tabla N° 7 Valores de absorbancia de la curva de calibración de carbono orgánico total.

Concentración (%)	Absorbancia
0	0
0.5	0.212
1.0	0.404
1.5	0.576
2.0	0.760
2.5	0.939
3.0	1.107
3.5	1.272
4.0	1.451

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

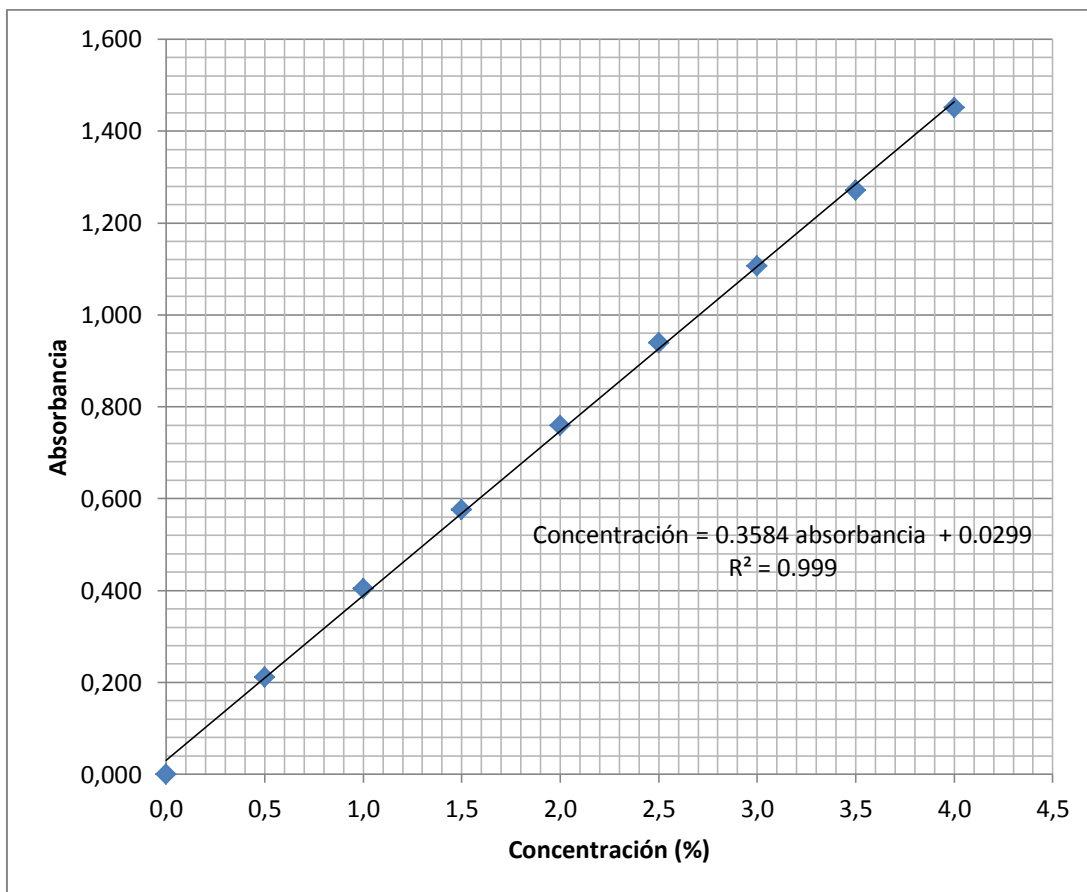


Gráfico N° 2 Curva de calibración de carbono orgánico total.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

3.7.7 Nitrógeno total

Las muestras fueron enviadas para su análisis al Laboratorio privado LABCESTTA donde fueron analizadas por método kjedahl.

3.7.8 Relación carbono/nitrógeno

Los valores de carbono se dividieron a los valores de nitrógeno que contenía cada tratamiento.

3.7.9 Macro y micro nutrientes del mejor tratamiento

La muestra fue enviada para su análisis al Laboratorio privado LABCESTTA donde fue analizada para P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn y Cu.

3.7.10 Prueba de germinación

Una vez terminado el proceso de descomposición se colocó el abono orgánico en bandejas plásticas y se sembró 20 semillas de lechuga en cada una. Luego de ocho días se determinó el porcentaje de germinación en cada bandeja.

3.8 Procesamiento y análisis

El estudio se realizó en las siguientes etapas:

En la primera etapa se realizó la activación de los microorganismos eficientes de la marca comercial EM•1 y captura de los microorganismos eficientes de forma casera.

En la segunda etapa se armaron los 24 tratamientos con las respectivas formulaciones de sustrato y se aplicaron los tipos de microorganismos eficientes.

En la tercera etapa se inspeccionaron los parámetros de control y se midieron las respuestas experimentales.

El procesamiento y análisis estadístico de datos se realizó en los paquetes informáticos: Excel 2010 y STATGRAPHICS Centurion. Se aplicó el análisis de varianza ANOVA y pruebas de comparación múltiple para la elección del mejor tratamiento, con un intervalo de confianza del 95 %.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Se utilizó residuos de caña de azúcar provenientes del Cantón Baños de la Provincia de Tungurahua, azolla recolectada de un tanque reservorio de agua del Cantón Quero, Provincia de Tungurahua. Los microorganismos eficientes comerciales fueron proveídos por Agearth-Ecuador (marca Comercial EM•1), y los microorganismos eficientes caseros se recolectaron del rumen de vacas recién faenadas en el Centro de Faenamiento Ocaña del caserío Yayuliguih Centro del Cantón Quero, Provincia de Tungurahua.

4.1 Seguimiento de la Temperatura durante el proceso de descomposición

La temperatura dentro del abono orgánico es uno de los parámetros más relevantes (Gordillo et al., 2011), ya que indica que la actividad biológica se está llevando a cabo. Dicha característica durante el proceso de descomposición pasó de temperatura ambiente (14 a 25°C) a estar sobre los 65°C en ciertos momentos dependiendo de la composición de cada tratamiento (Tabla A-1, Anexo A); esto gracias al uso de microorganismos eficientes y a la cantidad de residuos de caña de azúcar, Ejemplo: tratamiento a2b1, (60% de bagazo, 0% de azolla, 40% de suelo y microorganismos atrapados de forma casera) lo que favorece a la descomposición. Los tratamientos que presentaron un menor incremento de la temperatura fueron el a0b0 (0% de bagazo, 0% de azolla, 40% de suelo y microorganismos comerciales EM•1) y a0b1 (0% de bagazo, 0% de azolla, 40% de suelo y microorganismos atrapados de forma casera), tomados como testigos ya que tenían solo suelo con muy poca cantidad de materia orgánica que pudieran descomponer los microorganismos (Ver Tabla A-5, Anexo A).

En la Figura A-1 se observa que a partir del día 15 al día 32 en la mayoría de los tratamientos se alcanzan las temperaturas más altas. Durante todo el proceso de descomposición, la temperatura varía según el tipo y cantidad de sustrato de cada tratamiento, cumpliendo las diferentes fases como son: mesófila inicial (día 1 al día 11), termófila (día 15 al 32), y mesófila final (día 36 al día 55) (Gordillo et al., 2011).

4.2 Control del pH durante el proceso de descomposición

El suelo presentó pH básico a diferencia del bagazo de caña de azúcar, de la azolla, los microorganismos eficientes tanto comerciales como atrapados, que mostraron valores de pH ácidos, por lo que la mezcla de estos residuos con el suelo en las diferentes relaciones contribuyó a un cambio en esta propiedad (Tabla A-3).

La Tabla A-5 y Figura A-2 muestran los resultados promedios de pH desde el valor inicial que corresponde a los tratamientos sin incorporar todavía los microorganismos eficientes; y desde la semana 1, ya inoculados los microorganismos eficientes su evolución durante las ocho semanas que se mantuvo en descomposición. Los pH de cada uno de los tratamientos atravesaron tres fases diferentes que fueron: la fase mesófila inicial con un pH ácido, la fase mesófila-termófila con pH básico y la fase termófila-mesófila donde retorna a neutro o ligeramente alcalino, debido a la formación de ácidos orgánicos que lo van modificando (Pérez et al., 2011). Es importante el control del pH ya que mediante su seguimiento se puede obtener una medida indirecta del control de la aireación de la mezcla, pues a condiciones completamente anaerobias se produce un descenso del pH (Gordillo et al., 2011).

4.3 Control de la Humedad durante el proceso de descomposición

La humedad en la elaboración del abono orgánico es muy importante ya que permite que se solubilizan las sustancias que son fuente de energía para los microorganismos.

Como se muestra en la Tabla A-6 se trató de que la humedad de los tratamientos se mantenga entre el 50 y 70%, ya que si se presentaba un descenso en la cantidad de agua, la actividad de los microorganismos podía disminuir, y si había un exceso de humedad el agua podía obstaculizar el paso del aire por los poros del abono orgánico y la salida de gases (Gordillo et al., 2011).

Con el aumento de la temperatura, el agua se evaporaba pero al mismo tiempo se logró mantener mediante un sistema cerrado y remoción 1 vez por semana.

Los tratamientos en los que la disminución de la humedad fue considerable son el a0b0 (0% de bagazo, 0% de azolla, 40% de suelo y microorganismos comerciales EM•1) y el a0b1 (0% de bagazo, 0% de azolla, 40% de suelo y microorganismos atrapados de forma casera), ya que era suelo que carecía de materia orgánica y con el aumento de la temperatura ambiental esta se evaporaba rápidamente (Figura A-3).

4.4 Contenido de Materia Orgánica

El porcentaje de materia orgánica durante el proceso de elaboración del abono fue disminuyendo conforme aumentaba el tiempo de descomposición (Figura A-4). Es importante señalar que el rendimiento de un sistema de compostaje se encuentra entre 30 y 50%, valores bajos, señalan un buen proceso de degradación (CORPOICA, 2007).

En la Tabla B-2 (Anexo B) se observa que el mejor tratamiento en cuanto a cantidad de materia orgánica se obtuvo con el nivel a2 que corresponde a 60% de residuos de caña, 0% de azolla y 40% de suelo que al final del proceso tuvo una media de 20.0375%. En base al tipo de microorganismo no se encuentra una diferencia significativa entre los del rumen bovino y los comerciales (Tabla B-3), pero si se observa una interacción entre sus factores (Figura B-1).

4.5 Contenido de Carbono Orgánico Total

El carbono es una fuente de energía para los microorganismos. El abono orgánico que se elaboró tiene una gran cantidad de carbono por los residuos de caña de azúcar que lo componen pero al ser un biopolímero complejo su digestión es más lenta y difícil. Es por esto que se colocaron microorganismos celulíticos provenientes del rumen bovino, que son capaces de metabolizar este tipo de celulosa y utilizarla como fuente de energía. Tomando en cuenta que la naturaleza química de los residuos orgánicos determina la clase de organismos activos durante el proceso de descomposición de la materia orgánica (Pérez et al, 2011), se buscó acelerar el proceso de degradación de la celulosa con los microorganismos comerciales y compararlos con los del rumen.

En la Tabla A-11 se observan los porcentajes promedio de carbono entre réplicas los mismos que al inicio ascienden para luego contenerse lo cual también se puede apreciar en la Figura A-5.

En cuanto a contenido de carbono, el mejor nivel es el a2 (60% de residuos de caña, 0% de azolla y 40% de suelo) y el b1 que corresponde a los microorganismos atrapados del rumen, que mostró un 3.821% de carbono.

4.6 Contenido de Nitrógeno Total

Se determinó el contenido de nitrógeno total en cada tratamiento tomando en cuenta que es uno de los factores más importantes (Cifuentes et al., 2011) para la síntesis proteica. El nitrógeno en este proceso lo aportó la azolla donde el mejor tratamiento fue el a5b1 (15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo y microorganismos atrapados del rumen) (Tabla B-9, Figura B-2) mismo que alcanzó 0.28% de nitrógeno.

4.7 Relación Carbono/Nitrógeno

La relación C/N, expresa las unidades de Carbono por unidades de Nitrógeno que contiene un abono orgánico. Esta relación debe mantenerse en equilibrio y en la elaboración del abono orgánico se colocó azolla que es un material rico en nitrógeno y el material rico en carbono como son los residuos de la caña de azúcar de esta forma se buscó una relación apropiada al final del proceso.

En la prueba de Tukey para la relación carbono/nitrógeno, los mejores tratamientos para este parámetro son a2b1 (60% de residuos de caña, 0% de azolla y 40% de suelo y microorganismos atrapados del rumen) y a2b0 (60% de residuos de caña, 0% de azolla y 40% de suelo y microorganismos comerciales) existiendo interacción entre los factores y mostrando relaciones 18:1 al final del proceso.

Un compost maduro presenta una relación C/N menor de 20 y lo más cercana a 15 ya que un material con alta relación C/N se descompone lentamente debido a la insuficiencia de nitrógeno (Pérez et al., 2011).

4.8 Macro y Micro nutrientes del mejor tratamiento

Al analizar el contenido de macro y micronutrientes del tratamiento a2b1 se encuentran C,N,P que son fundamentales para el desarrollo microbiano. El carbono es necesario para la formación del protoplasma, se oxida para producir energía y anhídrido carbónico. El nitrógeno es esencial para la reproducción debido a la naturaleza proteica del protoplasma. El fósforo es fundamental en la formación de compuestos celulares. Los micronutrientes son muy importantes en la síntesis de las enzimas, en el metabolismo y en los mecanismos de transporte intra y extracelulares (Moreno, 2008).

La deficiencia de cobre produce manchas cloróticas, pero también puede ser tóxico en niveles elevados por lo que nivel máximo permitido es de 70 ppm. Al igual que la falta de zinc afecta a las hojas jóvenes de la planta y tiene un nivel máximo permitido es de 200 ppm (Soto et al, 2003). La siguiente tabla muestra el contenido de macro y micro nutrientes del tratamiento a2b1 (60% de residuos de caña, 0% de azolla y 40% de suelo y microorganismos atrapados del rumen).

Tabla N° 8 Análisis de macro y micro nutrientes del mejor tratamiento a2b1.

Parámetros	Unidad	Resultado
Hierro	mg/kg	10471,45
Cobre	mg/kg	8,31
Manganeso	mg/kg	131,36
Zinc	mg/kg	22,29
Fósforo	mg/kg	599,82
Potasio	mg/kg	1020,15
Calcio	mg/kg	3528,4
Magnesio	mg/kg	6510,6

Fuente: LABCESTTA, 2014.

4.9 Prueba de Germinación

Si el porcentaje de germinación es mayor o igual al 80% significa que el compost presenta una baja o nula fitotoxicidad (Pérez et al., 2011). Durante la germinación se determinó que el mayor índice se encontró en los tratamientos a1b1 (0% bagazo, 60% azolla, 40% suelo y microorganismos atrapados del rumen), a2b1 (60% bagazo, 0% azolla, 40% suelo y microorganismos atrapados del rumen), a4b1 (45% bagazo, 15% azolla, 40% suelo y microorganismos atrapados del rumen) y a5b1 (15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo y microorganismos atrapados del rumen) todos ellos obtenidos con el uso de rumen bovino.

Tabla N° 9 Valores de germinación promedio (%) de lechuga.

Tratamientos	% de Germinación
a0b0	0
a0b1	0
a1b0	55
a1b1	95
a2b0	10
a2b1	93
a3b0	88
a3b1	80
a4b0	60
a4b1	95
a5b0	68
a5b1	90

a0: 0% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a2: 60% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a4: 45% bagazo, 15% azolla, 40% suelo

b0: Marca Comercial

a1: 0% bagazo, 60% azolla, 40% suelo

a3: 30% bagazo, 30% azolla, 40% suelo

a5: 15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo

b1: Microorganismos atrapados.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

4.10 Verificación de Hipótesis

En base a todo lo mencionado, a un nivel de confianza del 95 % se determinó que existe una diferencia significativa entre los tratamientos por lo que, “se acepta la hipótesis alternativa”, es decir “El tipo de microorganismos eficientes (comerciales y atrapados de forma casera de rumen bovino) y la formulación de los sustratos si influye en la calidad del abono orgánico”.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Los residuos de caña de azúcar, la azolla fueron fácilmente descompuestos y convertidos en compost en un lapso de 8 semanas de iniciado el proceso con la ayuda de microorganismos eficientes, creando las mejores condiciones y cuidando el proceso.

Se elaboraron pilas de 6 kg para cada tratamiento y se colocaron para su descomposición en baldes sellados creando las condiciones adecuadas para los microorganismos eficientes; durante las ocho semanas que duró el proceso se controló temperatura, pH, humedad y se midió materia orgánica, carbono, nitrógeno y relación carbono/nitrógeno.

La mayoría de tratamientos donde se utilizaron diferentes dosificaciones de sustratos presentaron niveles aceptables con respecto a materia orgánica y relación carbono/nitrógeno así como en la prueba de germinación, generando una nueva opción de abono orgánico para uso agrícola.

Para las respuestas experimentales cantidad de materia orgánica y carbono total el mejor tratamiento fue a2b1 (60% de bagazo, 0% azolla, 40% de suelo y microorganismos atrapados), para nitrógeno el mejor fue a5b1 (15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo y microorganismos atrapados) y para la relación carbono/nitrógeno el factor a2 (60% de bagazo, 0% azolla, 40% de suelo) fue el mejor, pero no hubo diferencia significativa en los niveles del factor b (b0: microorganismos comerciales; b1: microorganismos atrapados).

El contenido de nutrientes del mejor tratamiento es: Materia orgánica 17.6%; C 3.82%; N 0.21%; C/N 18:1; Fe 10471,45 mg/kg; Cu 8,31 mg/kg; Mn 131,36 mg/kg; Zc 22,29 mg/kg; P 599,82 mg/kg; K 1020,15 mg/kg; Ca 3528,4 mg/kg; Mg 6510,6 mg/kg.

Los tratamientos en que se empleó microorganismos de rumen bovino presentaron porcentajes de germinación más altos que en los que se emplearon microorganismos comerciales, por el grado de madurez alcanzado y la disponibilidad de nutrientes en el abono.

El costo de elaborar el tratamiento a2b1 (60% de bagazo, 0% azolla, 40% de suelo y microorganismos atrapados) fue de 0.52 USD/Kg para lo cual se realizó un análisis de precios unitarios de todo el proceso.

5.2 Recomendaciones

- Sería muy importante caracterizar los microorganismos presentes en el rumen bovino para conocer las principales especies que lo componen.
- En próximas investigaciones se podría variar la concentración de microorganismos eficientes y tomarlo como otro factor de estudio.
- En estudios posteriores se recomienda utilizar pilas más grandes para la elaboración del abono orgánico para conocer si en volúmenes más grandes la descomposición es diferente.
- Realizar análisis de macro y micronutrientes a los tratamientos que también presentaron altos niveles de materia orgánica y una buena relación carbono/nitrógeno.

- Realizar más pruebas de germinación con otras especies vegetales y de fitotoxicidad.
- Elaborar proyectos conjuntos con agricultores para la aplicación del mejor tratamiento de la investigación en cultivos y evaluar sus beneficios a largo plazo.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA

6.1. Datos informativos

- **Título:** Aprovechamiento de los residuos de la caña de azúcar en la obtención de un abono orgánico.
- **Institución ejecutora:** Universidad Técnica de Ambato – Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.
- **Beneficiarios:** Agricultores que puedan acceder a un abono orgánico de buena calidad.
- **Ubicación:** Tungurahua – Baños – Parque de la Familia de Baños de Agua Santa.
- **Tiempo estimado para la ejecución:** 6 meses
- **Equipo técnico responsable:** Egda. María Fernanda Garcés Moncayo, Ing. MSc. María Teresa Pacheco.
- **Costo:** \$ 3000

6.2. Antecedentes de la propuesta

La diferencia entre un abono orgánico y uno de síntesis química obedece básicamente al aporte de materia orgánica. Un abono orgánico está constituido por materia orgánica en diferentes grados de mineralización y humus y

contribuye significativamente a aumentar la producción, al mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo (CORPOICA, 2007).

La materia orgánica del suelo se compone de materia orgánica fresca que recién llega al suelo y que puede ser de origen animal o vegetal correspondiendo a esta última el 90%, razón por la cual ha recibido hasta el presente, el mayor interés en los estudios como materia prima de la materia orgánica propiamente del suelo o humus (CORPOICA, 2007).

Una de las contribuciones más importantes de la materia orgánica a la fertilidad de suelo es su capacidad de suplir nutrientes, especialmente nitrógeno, fósforo y azufre. Los nutrientes son secuestrados en y liberados de la materia orgánica por dos procesos distintos: biológicos (N, P, S) y químicos (Ca, Mg, K) (Soto et al., 2003).

El rendimiento de un sistema de compostaje se encuentra entre 30 y 50% y es importante recordar que un buen proceso de degradación está acompañado de bajos rendimientos. El rendimiento se expresa como porcentaje en peso seco (CORPOICA, 2007).

Las variables más importantes que afectan a los sistemas de compostaje pueden ser clasificados en dos tipos: parámetros de seguimiento (aquellos que han de ser medidos, seguidos durante todo el proceso y adecuados, en caso de ser necesario, para que sus valores se encuentren en los intervalos considerados correctos para cada fase del proceso) y parámetros relativos a la naturaleza del sustrato (aquellos que han de ser medidos y adecuados a sus valores correctos fundamentalmente al inicio del proceso). Entre los parámetros de seguimiento se encuentran: temperatura, humedad, pH, aireación y espacio de aire libre. Entre los relativos a la naturaleza del sustrato: tamaño de partícula, relaciones C/N y C/P, nutrientes, materia orgánica y conductividad

eléctrica. Los valores o intervalos óptimos están influenciados por las condiciones ambientales, el tipo de residuo a tratar y el sistema de compostaje elegido (Moreno, 2008).

6.3. Justificación

Con el fin de elaborar un abono orgánico con residuos de caña de azúcar y microorganismos eficientes que ayuden a su descomposición y al final del proceso se obtenga un abono orgánico de buena calidad, que aporte los nutrientes necesarios a las plantas y que sea asequible a los agricultores se determinan los costos de producción y los beneficios de obtener y aplicar este abono.

Aprovechando la disponibilidad de los residuos de la caña de azúcar y la ubicación cercana del Parque de la Familia de Baños de Agua Santa que cuenta con el espacio suficiente para que se pueda ejecutar esta propuesta se busca dar un uso a los residuos agrícolas que son considerados desechos pero al darles un tratamiento aportan una gran cantidad de materia orgánica y contribuyen a recuperar la fertilidad de los suelos y conseguir una mejor producción.

6.4. Objetivos

6.4.1. Objetivo General

- Aprovechar los residuos de la caña de azúcar en la obtención de un abono orgánico.

6.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar los costos de producción del abono orgánico obtenido a base de residuos de caña de azúcar y EMs.

- Comparar el beneficio de aplicar un abono orgánico de residuos de caña de azúcar frente a otros del mercado.

- Diseñar el proceso que permita elaborar el abono orgánico dentro del Parque de la Familia de Baños de Agua Santa.

6.5. Análisis de factibilidad

6.5.1 Costos de producción de un abono orgánico a partir de residuos de caña de azúcar y microorganismos eficientes.

Tabla E-1 Descripción de rubros, unidades, cantidades y costos de la elaboración del abono orgánico.

Rubro	Descripción	Unidad	Cantidad	P. unitario	P. total
01	Recolección de residuos de caña	Kg	3.60	0.03	0.11
02	Picado de los residuos de caña	Kg	3.60	0.08	0.29
04	Recolección de tierra agrícola con bajo contenido de m. o	Kg	2.40	0.10	0.24
05	Suministro de rumen	Kg	0.80	0.89	0.71
06	Mezcla de materiales y almacenamiento en recipientes sellado	U	1.00	1.19	1.19
07	Toma de datos (temperatura-ph-humedad-mat.orgánica-carbono)	U	1.00	0.35	0.35
08	Prueba de germinación con lechuga (en tarrina)	U	1.00	0.24	0.24
				COSTO TOTAL:	3.13 USD/6 kg

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Los costos de producción se pueden disminuir al elaborar el abono orgánico en un lugar más cercano de donde se recolectan los materiales en este caso el residuo de la caña de azúcar que es el principal. También hay que tomar en cuenta que los abonos orgánicos que se ofrecen no necesitan tantos materiales para su elaboración ni tampoco se les ha seguido un proceso para verificar su calidad y contenido de nutrientes.

Tabla N° 10 Comparación de cantidad de nutrientes y costos entre abonos comerciales.

Abono	Característica	Nutrientes	Costo
Elaborado de residuos de caña y Ems.	Proceso de descomposición utilizando microorganismos eficientes del rumen bovino.	Materia orgánica: 17.6% Nitrógeno: 0.21 % Relación C/N: 18:1 Fe: 10471.45 mg/kg Cu: 8.31 mg/kg Mn: 131.36 mg/kg Zn: 22.29 mg/kg P: 599.82 mg/kg K: 1020.15 mg/kg Ca: 3528.24 mg/kg Mg: 6510.6 mg/kg	\$ 0.52/kg
Humus de lombriz	Análisis promedio del humus de lombriz de tierra (Estrada, 2002).	Materia orgánica: 15-30% N: 1-3 % P: 1-3 % K: 1-2 % Ca: 1-2 %	\$ 0.26/kg
Gallinaza	Composición de los excrementos de gallinaza (Urbano, 1992). Contenido de nutrientes de la gallinaza (Soto et al, 2001).	Materia orgánica: 20% Nitrógeno: 1.6 % P: 1.5 % Ca: 2.4 % Mg: 0.75% K: 0.85% Fe: 325 mg/kg Cu: 44 mg/kg Zn: 315 mg/kg Mn: 330 mg/kg	\$ 0.26/kg
Compost	Composición de un compost comercialmente aceptado (Soto et al., 2003).	Materia orgánica: 10-20 % Nitrógeno: > 2% Relación C/N: < 20 P total: 0.15-1.5%	\$ 0.23/kg

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Hay que tomar en cuenta que la gallinaza es el estiércol más rico en nitrógeno (1.6%) frente al 0.21% del abono de residuos de caña, el lombricompost es el abono orgánico más eficiente debido al alto aporte de fósforo (1-3%) que supera al de caña que posee el 0.06%. La cantidad de materia orgánica 17.6 %

es alta y semejante a la de los otros abonos como el humus (15-30%), gallinaza (20%) y compost (10-20%). La relación carbono/nitrógeno es cercana a 20 lo que indica que es suficientemente estable o maduro (Moreno et al, 2008) y está disponible en buena proporción para los microorganismos.

6.5.2 Costo/Beneficio de producir un abono orgánico a partir de residuos de caña de azúcar y EMs.

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Valor actual de los ingresos totales}}{\text{Valor actual de los costos de inversion}}$$

Se producirán tres toneladas de abono orgánico al año, una tonelada cada cuatro meses (dos meses hasta que esté listo el abono orgánico y dos meses para ser comercializado).

6 kg → \$ 3.13

1000 kg → x = \$ 521.66 x 3 veces de producción al año = 1564.98 dólares

\$ 1564.98 + \$ 234.747 (del 15% de interés) = **\$ 1799.73 Valor actual de los costos de inversión.**

\$ 1799.73 + \$ 269.96 (15% de ganancia) = **\$ 2069.68 Valor actual de los ingresos totales.**

$$\frac{B}{C} = \frac{2069.68}{1799.73}$$

$$\frac{B}{C} = 1.14$$

Al obtener una relación costo beneficio mayor que 1 se puede decir que es rentable la producción de 3000 kg del abono orgánico al año ya que por cada dólar que se invierta se obtendrá 0.14 dólares. Al buscar una ganancia del 15% del costo de producción del abono orgánico por año y sin tomar en cuenta una mayor inversión en equipos de un proyecto mucho más grande no se obtiene una mayor ganancia.

6.5.3 Diseño de una planta de tratamiento de desechos orgánicos dentro del Parque de la Familia de Baños de Agua Santa.

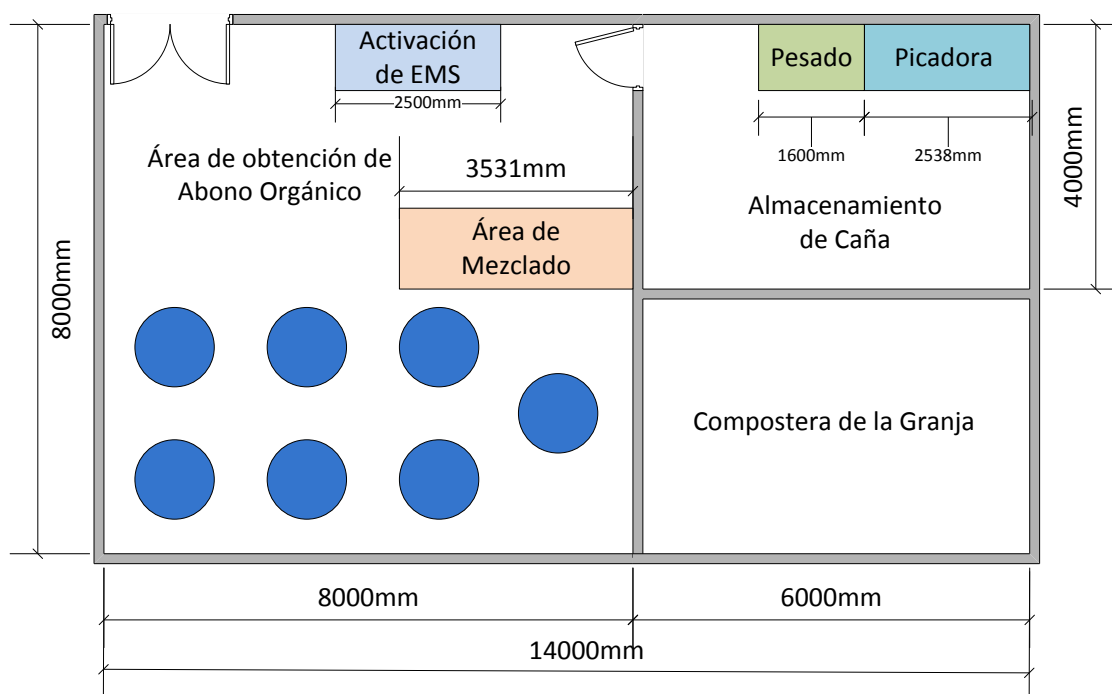


Grafico N° 3 Área de elaboración del abono orgánico.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

El área estará ubicada junto al aviario a un lado del sendero del parque, en el sitio de la compostera con la que ya cuenta el Parque de la Familia de Baños de

Agua Santa. El área disponible es de 8 metros de largo, 8 metros de ancho y un área adicional de 6 metros por 4.

Para la elaboración del abono orgánico se requerirá de un lugar cubierto donde almacenar los residuos de la caña de azúcar que son recogidos, un espacio donde colocar una picadora y un área de pesado de los residuos, estas dos áreas deben ser seguras y cubiertas para proteger los equipos. También se requiere un lugar donde activar los Microorganismos eficientes y otro para mezclar los materiales antes de almacenar en tanques donde se llevara a cabo la descomposición. Se calcula que son necesarios 7 tanques de 500 lt para poder cumplir con una tonelada de abono orgánico cada 4 meses.

6.6. Fundamentación

Como fundamento legal se considera lo establecido en la constitución de la República del Ecuador 2008 – Derechos del Buen Vivir. Donde uno de los objetivos del plan nacional del Buen Vivir es garantizar los derechos de la naturaleza y promover un ambiente sano y sustentable. Sección primera: Agua y alimentación y sección segunda: Ambiente sano Art. 12, 13, 14 y 15 (ver anexo 1a).

Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio de Ambiente (TULAS 2009). Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados: Libro VI anexo 2, sección 4.3 Norma técnica de evaluación agrológica del suelo (ver anexo 1b).

6.7. Metodología

Según el diagrama de flujo del Anexo D-1.

Se sugiere la implementación de la siguiente metodología:

Tabla N° 11 Modelo Operativo (Plan de acción)

Fases	Metas	Actividades	Responsables	Recursos	Presupuesto	Tiempo
1. Formulación de la propuesta	Recolectar 3 ton de bagazo de caña.	Recolección de la materia prima (bagazo de caña de azúcar)	Profesores, estudiantes, personal del Municipio.	Económicos Humanos (Técnicos)	55	2 meses
2. Desarrollo preliminar de la propuesta	Picar 3 ton de residuos de caña.	Picado y pesado de residuos de caña	Investigador, personal del Municipio	Humanos Técnicos Económicos	40	2 meses
3. Implementación de la propuesta	Elaboración del abono orgánico	Activación de EM's y mezcla con bagazo de caña de azúcar	Investigador, personal del Municipio	Humanos Técnicos Económicos	950	2 meses
4. Evaluación de la propuesta	Calidad del abono orgánico	Proceso de descomposición y toma de datos.	Investigador, personal del Municipio	Humanos Técnicos Económicos	175	6 meses

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014

6.8. Administración

La ejecución de la propuesta estará coordinada por los responsables del proyecto Ing. MSc. Mayte Pacheco, Egda. María Fernanda Garcés Moncayo y encargados de proyectos municipales del parque de la Familia de Agua Santa.

Tabla N° 12 Administración de la Propuesta.

Indicadores a mejorar	Situación actual	Resultados esperados	Actividades	Responsables
Cantidad anual de residuos de caña existentes en el cantón de Baños de Agua Santa.	1.44 ton/día 525.6 ton/año	3 ton de residuos /año	Recolección de la materia prima. Picado y pesado de los residuos de caña. Mezcla EM's con residuos de caña de azúcar. Proceso de descomposición y toma de datos.	Ing. MSc. Mayte Pacheco, Egda. María Fernanda Garcés Moncayo y encargados de proyectos municipales del parque de la Familia de Agua Santa.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

6.9. Previsión de la evaluación

Tabla N° 13 Previsión de la evaluación.

¿Quiénes solicitan evaluar?	-Municipio de Ambato -Consumidores
¿Por qué evaluar?	-Verificar la calidad del producto final -Corregir errores en la tecnología de elaboración
¿Para qué evaluar?	-Determinar la tecnología adecuada para la obtención del abono orgánico a partir de residuos de caña de azúcar y EMs.
¿Qué evaluar?	-Tecnología utilizada. -Materias primas. -Resultados obtenidos -Producto terminado
¿Quién evalúa?	-Director del proyecto -Tutor -Calificadores
¿Cuándo evaluar?	-Todo el tiempo desde las pruebas preliminares, hasta la obtención del producto.
¿Cómo evaluar?	-Mediante instrumentos de evaluación
¿Con qué evaluar?	-Experimentación. -Normas establecidas

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014

MATERIAL DE REFERENCIA

Bibliografía

- Abramo, J. 1995. Decomposição da palha da cana-de-açúcar colhida sem queima, mecanicamente. Mestrado em Ciências Biológicas. Universidade Estadual Paulista, Inst. Biociências, Rio Claro, São Paulo, Brasil. 91 p.
- Abreu, C. A. DE; Van Raij, B.; Abreu M. F. & Andrade, J. C. 1996. Efficiency of nutrients extractants for determinate of availability copper. Communication in Soil Science and Plant Analysis, 27 (3-4): 763
- Acevedo, E. y Martínez, E., 2003. Sistema de labranza y productividad de los suelos, en Acevedo, E. Sustentabilidad en Cultivos Anuales. Santiago, Universidad de Chile, Serie Ciencias Agronómicas N ° 8, p. 13-25.
- Alloway, B.J. (1995). Heavy metals in soils. Blackie Academic and Professional. Chapman and Hall. Glasgow, 368 pp.
- Balesdent, J. 1996. Un point sur l'évolution des réserves organiques des sols de France. Etude et Gestion des sols 3 (4) : 245-260
- Balesdent, J., Chenu, C., Balabane, M. 2000. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. Soil and Tillage Research 53: 215-220
- Béguin, P., and J.P. Aubert. 2000. Cellulases. In J. Lederberg (ed.) Encyclopedia of microbiology. Academic Press, San Diego, California, USA. 744-758 pp.

- Bauer, A., Black, A. L., 1994. Quantification of the effect of soil organic matter content on soil productivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58, 185-193.

- Cabrera, J; Zuaznábar, R. 2010. Impacto sobre el Ambiente del monocultivo de la Caña de azúcar con el uso de la quema para la cosecha y la Fertilización Nitrogenada. I. Balance Del Carbono. *Cultivos Tropicales*. Vol 31, no 1. p. 5-13

- Carter, M.R., 2002. Soil quality for sustainable land management: organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. *Agron. J.* 94, 38-47.

- Castro, R; Novo, R y Castro, R.I. 2002. Uso del género *Azolla* como biofertilizante en el Cultivo del Arroz (*Oryza sativa L.*). *Cultivos Tropicales*, 2002, vol. 23, no. 4, p. 5-10.

- Castro, R; Novo, R y Castro, R.I. 2003. Influence of *Azolla-Anabaena* symbiosis on rice (*Oryza sativa L*) crop as a nutritional alternative. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*. *Cultivos Tropicales*. Vol. 24, no. 3, p. 77-82.

- Castro, R; Rodríguez, M; Álvarez, G; Gil, M; Novo, R; Castro, R.I y Díaz, S. 2006. Efecto del uso de *Azolla* en los rendimientos de Cultivos en Condiciones de Organopónicos. *Cultivos Tropicales*. Vol. 27, no. 1, p. 5-9

- Castro, R; Rodríguez, M; Álvarez, G; Gil, M; Novo, R y Castro, R.I. 2009. Efecto de la Incorporación del abono verde *Azolla sp.* en la reducción de los daños causados por Fitonematodos en Cultivos de Organopónicos. *Cultivos Tropicales*, Vol. 30, no. 3. p. 10-13

- Castro, R. R., Rodríguez, M., Álvarez, G. E., Gil, M. M., Novo, R. R., Castro, R. I., & Díaz, S. H. (2006). EFECTO DEL USO DE Azolla EN LOS RENDIMIENTOS DE CULTIVOS EN CONDICIONES DE ORGANOPÓNICOS. (Spanish). *Cultivos Tropicales*, 27(1), 5-9.

- Castro, A., Henríquez, C., & Bertsch, F. (2009). CAPACIDAD DE SUMINISTRO DE N, P Y K DE CUATRO ABONOS ORGÁNICOS. (Spanish). *Agronomía Costarricense*, 33(1), 31-43.

- CATIE. 2008. Producción ecológica de cultivos anuales comerciales: chile y tomate. Editor Bib. Orton IICA/CATIE. Mexico. 20p.

- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE). 2008. La Industria Azucarera del Ecuador.

- Cifuentes, R., León, R. y Porres, C. 2011. Producción de abono orgánico a partir de cachaza y tallos de caña de azúcar recuperados de las carreteras. *Revista de la Universidad del Valle de Guatemala*. N°23. P. 8-17.

- CORPOICA. 2007. Guía Tecnológica Para El Manejo Integral Del Sistema Productivo de la Caña Panelera. Editor Corpoica. Colombia. 116-117, 137p.

- Deng, S.P., and M.A. Tabatabai. 1994. Cellulase activity of soils. *Soil Biol. Biochem.* 26:1347-1354.

- Díaz, Y Arévalo, R., Lima, R. y Lazo, H. (2013). EL CULTIVO DE AZOLLA. *Agro Enfoque* [serial online]. January 2013;28(186):27-33. Available from: Fuente Académica Premier, Ipswich, MA.

- Dixon, J. B. & Weed, S.B. (1989). Minerals in Soil Environments. 2nd ed. Soil science society of America, Madison

- Domínguez, J y Reyes, R. 2003. La Paja de Caña. Formas de atenuar su Impacto Ecológico. Tecnología Química. Vol. XXIII, No. 3. p. 45-47.

- Estrada, J. 2002. Pastos y forrajes para el trópico colombiano. Editor Universidad de Caldas. Colombia. 129p.

- FAO, 2001. Soil carbon sequestration for improved land management. World soil reports 96. Rome, 58 p.

- García, M., Alvarez, M. y Treto, E. 2001. Estudio comparativo de diferentes especies de abonos verdes y su influencia en el cultivo del maíz. Cultivos Tropicales. Vol. 23, no. 3, p. 13-30.

- Gifford, R.M., 1994. The global carbón cycle: A viewpoint on the missing sink. Aust. J. Plant Physiol. 21, 1-15.

- Gordillo, F., Peralta, E., Chavez, E., Contreras, V., Campuzano, A. y Ruiz, O. 2011. Produccion y evaluación del proceso de compostaje a partir de desechos agroindustriales de *Saccharum officinarum* (caña de azucar). RIA. Vol. 37. N°2. p. 140-149

- Hurtado. 2001. Qué son microorganismos eficientes?. (en línea). Consultado: 18 de septiembre de 2009. Disponible en: <http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080731132826aa6mgbr>

- IDIAF. 2009. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales Beneficios de los microorganismos eficientes en la agricultura. (en

línea) Consultado: Disponible en: <http://www.idiaf.org.do/noticias/detallemain.php?recordID=971>

- Kern, J. S., Johnson, M. G., 1993. Conservation tillage impacts on national soil and atmospheric carbón levels. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57, 200- 210.

- Lal, R., Eckert, D. J., Fausey, N. R., Edwards, W. M., 1990. Conservation tillage in sustainable agriculture. In: C. A. Edwards, R. Lal, P. Madden, R. H. Miller and G. House, *Sustainable Agriculture Systems*. Soil and Water Conservation Society, Iowa, USA, pp. 203-225.

- Lal, R., 1997. Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO₂ – enrichment. *Soil Till. Res.* 43, 81-107.

- Loué, A. 1988. *Los microelementos en agricultura*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 354 pp

- Ladino, G y Rodríguez, J. 2009. Efecto de *Lactobacillus casei*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Rhodopseudomona palustris* (microorganismos eficientes em) y melaza en la ganancia de peso de tilapias (*Oreochromis sp*) en condiciones de laboratorio. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*. vol. 13, núm. 1, pp. 31-36

- León, T., Dopíco, D., Triana, Omar., Medina, M. 2013. Paja de la caña de azúcar. Sus usos en la actualidad. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*. vol. 47, núm. 2, pp. 13-22

- Montañó, M. 2009. Desarrollo del recurso *Azolla anabaena* y aplicaciones en los sectores agrícolas, pecuarios y acuícola. ESPOL-ICQA.

- Moreno, I., ORIOLI, G., BONADEO, E. y MARZARI, R., 1999. Dinámica de C y N en suelos bajo diferentes usos. Proceed. XIV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. (Texto completo en CD Rom.) Pucón, Chile.

- Moreno, J; Moral, R. 2008. Compostaje. Editorial Mundi-Prensa. Madrid-España. 24, 95, 102p.

- Navarro Blaya, S. & Navarro García, G. (2000). Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Ediciones Mundi-Prensa. 488 pp.

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2012. Cuarta conferencia de la FAO sobre el azúcar.

- Pérez, M., Sanchez, R., Palma, D. y Salgado, S. 2011. Caracterización química del compostaje de residuos de caña de azúcar en el sureste de México. Inverciencia. vol. 36. N°1. P.45-52.

- Pincay A (2007) Calentamiento global. El Bananero 34: 14-19

- Puget, P., Chenu, C., Balesdent, J. 1995. Total and young organic matter distributions in aggregates of silty cultivated soils. European Journal of Soil Science 46: 449-459.

- Rasmussen, P. E., Parton, W. J., 1994. Long term effect of residue management in wheat – fallow: I. Inputs, yield, and soil organic matter. Soil Sci. Soc. Am. J. 58, 523-530.

- Red de Agricultura Natural para la Región Asia/Pacífico. (APNAN). Enero 2004. Disponible en: <http://em.iespana.es/manuales/apnan/apnan.html>.

- Reicosky, D. C., 2002. Long – Term Effect of Moldboard Plowing on Tillage – Induced CO₂ Loss, in J. M. Kimble, R. Lal and R. F. Follet: Agricultural Practices and Policies for Carbon Sequestration in Soil. Lewis Publishers. Papers from symposium held July 1999 at Ohio State University,

- Relling, A. y Mattioli, G. 2002. Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. Editorial EDULP. Argentina. 72. pp

- Rodríguez S, Manuel. 2009. Microorganismos Eficientes (EM)? Bogotá: Universidad de los Andes. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Disponible en: http://aia.uniandes.edu.co/Documentos/ARTICULO%20EM%20_Manuel%20R..pdf.

- Rosell, R.A., 1999. Materia orgánica, fertilidad de suelos y productividad de cultivos. Proceed. XIV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. (Texto completo en CD Rom.) Pucón, Chile.

- Sánchez, J. E., Harwood, R. R., Willson, T. C., Kizilkaya, K., Smeenk, J., Parker, E., Paul, E. A. Knezek, B. D., Robertson, G. P., 2004. Managing soil carbon and nitrogen for productivity and environmental quality. Agron. J. 96, 769-775.

- Sanomiya, L.T., e E. Nahas. 2003. Microorganismos produtores de hidrolases envolvidos nas transformações dos compostos do carbono e do nitrogênio do solo. Rev. Ciência Rural 33:835- 842.

- Seoáñez, M. 2001. Tratado de gestión del medio ambiente urbano. Mundi-Prensa Libros. Madrid – España. 198 p.

- Soto, G. y Meléndez, G. 2003. Taller abonos orgánicos. CATIE. Costa Rica. 2-9p.

- Thompson, L. y Troeh, F. 1988. Los suelos y su fertilidad. Editor Reverte. Barcelona-España. 308p.

- Urbano, P. 1992. Tratado de fitotecnia general. Mundi-Prensa Libros. Madrid – España. 397p.

- Vento, M; Font, L y Rodríguez, D. 2004. Comportamiento de algunos parámetros químicos en la calidad de un compost estático. Centro Agrícola, año 31, no. 1-2, p. 31-35.

- Vento, M; Guevara, A; Corrales, I; Chaveli, P; Casañola, A; Valenciano, M y Velasco, M. 2010. Compost a partir de residuos de cosechas y alternativas que mejoran su calidad. Centro Agrícola, Vol 37, no 2, p. 75-80.

- Wagner, G.M. 1997. *Azolla*: A review of its biology and utilization. Botanical – review. 63 (1): 1-26.

- Wander, M. M., Walter, G. L., Nissen, T. M., Bollero, G. A., Andrews, S. S., Cavanaughgrant, D. A., 2002. Soil quality: Science and process. Agron. J. 94, 23–32.

- West, T. O., Post, W. M., 2002. Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: A global data analysis. Soil Sci. Soc. Am. J. 66, 1930-1946.

Anexos

ANEXO 1

FUNDAMENTACIÓN LEGAL

Anexos 1a. Constitución Nacional de la República del Ecuador del 2008.

Sección primera: Agua y alimentación

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

Art. 13.- Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales.

El Estado ecuatoriano promoverá la soberanía alimentaria.

Sección segunda: Ambiente sano

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los

ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional.

Anexos 1b. Libro VI anexo 2, sección 4.3 Norma técnica de evaluación agrológica del suelo (TULAS).

Esta sección de la norma se enfoca en la valoración de la capacidad de producción de un suelo agrícola.

4.3.1 Características físicas del suelo

Profundidad efectiva: Profundidad a la que pueden llegar las raíces de las plantas sin obstáculos de ninguna naturaleza. Se establecen los siguientes rangos:

- 1.- Muy profundo: mayor a 150 cm.
- 2.- Profundo: entre 90 cm. y 150 cm.
- 3.- Moderadamente profundo: entre 50 cm. y 90 cm.
- 4.- Superficial: entre 25 cm. y 50 cm.
- 5.- Muy superficial: menor a 25 cm.

Textura: Proporción relativa de arena, limo y arcilla inferiores a 2 milímetros

Clases Texturales: Generalmente se basa en la combinación porcentual de diferentes proporciones de arena, limo y arcilla.

Las clases texturales son las siguientes:

Texturas muy gruesas: cuando existen gravilla y cascajos en más del 50 % del volumen

Texturas gruesas comprenden las clases texturales:

- 1.- Arenoso grueso (AG)
- 2.- Arenoso (A)
- 3.- Arenoso fino (Af)
- 4.- Arenoso muy fino (Amf)
- 5.- Arenoso franco grueso (Afg)
- 6.- Arenoso franco fino (AFf)

Este tipo de textura puede ir acompañado con partículas de gravilla y cascajo

Texturas moderadamente gruesas: comprenden las clases texturales :

- 1.- Arenoso franco muy fino (AFmf)
- 2.- Franco arenoso grueso (FAg)
- 3.- Franco Arenoso (FA)
- 4.- Franco Arenoso fino (FAf)

Texturas medias: comprende las clases texturales:

- 1.- Franco arenoso muy fino (FAMf)
- 2.- Franco (F)
- 3.- Franco limoso (FL)
4. – Limoso (L)

Texturas moderadamente finas: comprende las clases texturales:

- 1.- Franco arcilloso-arenoso (FArA)
- 2.- Franco arcilloso (ArL)
- 3.- Franco arcilloso-limoso (Arf)

Texturas finas: Comprende las siguientes clases texturales:

- 1.- Arcilloso – arenoso (ArA)
- 2.- Arcillo – limoso (ArL)
- 3.- Arcilloso fino (Arf)

Texturas muy finas: comprende las clases texturales:

- 1.- Arcilloso muy fino (Arm f) que tiene más de 60 % de arcilla.

La presencia de fragmentos mayores a 2 mm. que ya no forman parte de las clases texturales, deberá ser tomada por el experto en agrología, para determinar el comportamiento de la textura. Según la cantidad de este tipo de fragmentos mayores a 2 mm de establecen las siguientes clases:

Ligeramente gravillosa, ligeramente pedregosa, ligeramente cascajosa: cuando los fragmentos gruesos están en proporciones menores al 15 % del volumen total

Gravillosa, cascajosa, pedregosa: cuando los fragmentos gruesos están en proporciones de 15 al 45 % del volumen total

Muy gravilosa, muy casajosa, pedregosa: cuando el porcentaje de los fragmentos va del 45 al 75 % del volumen total.

Miscelánea de gravilla, miscelánea de piedra, miscelánea de cascajo: cuando posee más del 75 % de fragmentos gruesos del volumen total.

Los límites especificados para los fragmentos gruesos son:

Gravilla: Diámetro entre 0.2 cm. y 2 cm., cuando son redondeados y el eje mayor entre 0.2 cm. y 2 cm. cuando son aplanadas.

Cascajo: Diámetro entre 2 cm. y 8 cm. cuando son redondeados y el eje mayor entre 2 y 15 cm. aplanados

Piedra: diámetro entre 8 cm. y 25 cm., cuando son redondeados y el eje mayor entre 15 y 30 cm. cuando son aplanados.

4.3.2 Características Químicas del Suelo

4.3.2.1 Fertilidad

La fertilidad es la calidad que posee el suelo para proporcionar los nutrientes necesarios para el desarrollo normal y productivo de las plantas.

Los niveles de fertilidad vienen dados de acuerdo a las características químicas del suelo:

Potencial hidrógeno (pH)

Conductividad Eléctrica

Capacidad de Intercambio catiónico (CIC)

Bases totales (BT)

Saturación de bases (SB)

Contenido de carbono orgánico (CCo)

Nitrógeno rotante (NR)

Fósforo (P)

Para su determinación el profesional especialista se basará en el estudio de campo y sobre todo en el análisis de laboratorio.

4.3.2.2 Reacción de acidez y alcalinidad

La reacción de acidez y alcalinidad se medirá en términos de pH de acuerdo a la tabla 4.

TABLA 4. Reacción acidez-alcalinidad

pH	Rango
Muy fuertemente Ácido	Menor a 4.5
Fuertemente Ácido	4.6 a 5.5
Medianamente Ácido	5.6 a 6
Ligeramente Ácido	6.1 a 6.5
Neutro	6.6 a 7.3
Ligeramente Alcalino	7.4 a 7.8
Moderadamente Alcalino	7.9 a 8.4
Fuertemente Alcalino	8.5 a 9
Muy fuertemente Alcalino	Mayor a 9.1

ANEXO A

RESPUESTAS

EXPERIMENTALES

TABLAS

Tabla A-1 Valores de Temperatura (°C) con respecto al tiempo de descomposición.

Tratamientos	Inicial	Día 1	Día 4	Día 8	Día 11	Día 15	Día 18	Día 22	Día 25	Día 29	Día 32	Día 36	Día 39	Día 43	Día 46	Día 50	Día 55
a0b0R1	17.2	17.5	17.8	17.9	18.4	18.7	19.3	19.6	20.1	20.7	19.9	19.6	19.2	19.9	18.1	18.2	17.9
a0b0R2	16.8	17.4	17.7	18	18.5	18.7	19.1	19.5	20	20.9	19.8	19.3	18.6	19.8	17.7	17.8	17.7
a0b1R1	16.9	17.8	18.9	21.3	22.8	22.6	22.1	22.8	23.3	22	22.5	21.7	21.1	19.5	19.7	19.9	19.6
a0b1R2	16.8	18	18.6	21.5	22.3	22.8	22.2	22.7	23.8	22.4	22.5	21.5	21	19.3	19.6	19.8	19.3
a1b0R1	17.6	19.6	20.8	23	28.4	37.7	34.8	43.6	45.2	47.6	46.8	44	45.1	36.9	33.1	29.1	25.4
a1b0R2	17.2	20.1	22.2	24.6	29	34.1	39.1	42	48.9	49.6	40.2	38.6	38.8	34.9	29	26.8	21.5
a1b1R1	16.8	19.2	19.7	25	27.8	28.5	39.4	42.6	43.3	48.4	45.6	41.2	37.3	33.8	27.4	23.1	22
a1b1R2	17.1	19.1	19.6	24.3	26.9	29.1	35.8	43.1	43.7	47.6	46	40.7	36.1	32.2	25.8	22.4	21.7
a2b0R1	18.3	21	33.4	40.8	46.3	50.9	58.3	60.5	59.3	58.6	58	52.3	50.1	44.6	40.3	35.8	34.7
a2b0R2	18	24	34	41.7	44.1	48.9	56.4	61.2	57.2	58	56.3	54.6	49.7	48.2	42.8	33.7	35.1
a2b1R1	18	23.3	36.4	45.9	59.8	65.3	62.8	57.4	62.9	64.1	60	55	51.4	47.7	41.5	36.4	33.8
a2b1R2	18.2	23	36.9	45.7	50.1	65	59.4	60.2	62.6	57.3	57.2	48.6	50.7	45.2	43.7	35.1	34.3
a3b0R1	17.6	27.5	33.7	38.1	38.3	49.1	57.9	55.3	55.5	57.7	48.1	51.5	47.8	42	36.7	30.3	23.8
a3b0R2	17.7	29.6	34.9	39.9	44.1	48.9	51	53.7	55.3	54.4	49.5	51.4	46.1	42.6	34.6	28.5	25.5
a3b1R1	18.5	29.1	37.2	40.8	46.8	49.9	53.9	56.3	58.4	56.6	51	53.7	50	45.3	40.1	33.1	32.2
a3b1R2	19	29.5	39.6	39.8	49.8	49.9	54.5	54	55.7	55.1	50.8	51.5	46.5	39.9	33.2	25.7	28
a4b0R1	17.7	19.7	20.8	38	48.5	48.9	50	51.2	54	51.5	50.7	47.8	40.6	36.4	32.1	28	26.4
a4b0R2	17.3	19.1	22.3	39.7	49.8	50	50.6	53.2	55.3	51.8	51.1	45.3	37.9	35.8	31.3	27.4	25.8
a4b1R1	18.6	19.4	30.4	43.4	45.6	47.7	50.1	52.7	51.4	55.4	51.3	52.5	47.3	43.7	38.9	35.6	30.2
a4b1R2	18.9	19.4	30.9	43.1	45.1	46.1	49.3	51.2	57.9	56.8	50.6	52.8	46.1	41.3	37	33.8	31
a5b0R1	17.8	23.2	27.9	36.5	39	42.9	45.1	43.2	48.4	45.5	45.7	35.7	38.3	33.6	27.1	26.1	23
a5b0R2	17.7	24	29.5	37.1	40.1	43.2	40.9	47.8	45.9	41.3	39.2	32.1	38.8	31.5	28.4	25.3	22.8
a5b1R1	18.2	19.5	29.8	50.1	59.7	56.3	58.5	49.2	46.7	43.6	46.4	38.7	36.9	33.8	29	30.6	27
a5b1R2	18.1	19.8	30.3	50.5	60.4	55.8	56.8	49.9	41.5	45.2	46.4	39.1	37.9	35.4	31.7	32.3	26.2

a0: 0% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a2: 60% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a4: 45% bagazo, 15% azolla, 40% suelo

b0: Marca Comercial

a1: 0% bagazo, 60% azolla, 40% suelo

a3: 30% bagazo, 30% azolla, 40% suelo

a5: 15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo

b1: Microorganismos atrapados.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla A-2 Valores de Temperatura (°C) promedio entre réplicas del abono orgánico con respecto al tiempo.

Tratamientos	Inicia l	Día 1	Día 4	Día 8	Día 11	Día 15	Día 18	Día 22	Día 25	Día 29	Día 32	Día 36	Día 39	Día 43	Día 46	Día 50	Día 55
a0b0	17.0	17.5	17.8	18.0	18.5	18.7	19.2	19.6	20.1	20.8	19.9	19.5	18.9	19.9	17.9	18.0	17.8
a0b1	16.9	17.9	18.8	21.4	22.6	22.7	22.2	22.8	23.6	22.2	22.5	21.6	21.1	19.4	19.7	19.9	19.5
a1b0	17.4	19.9	21.5	23.8	28.7	35.9	37.0	42.8	47.1	48.6	43.5	41.3	42.0	35.9	31.1	28.0	23.5
a1b1	17.0	19.2	19.7	24.7	27.4	28.8	37.6	42.9	43.5	48.0	45.8	41.0	36.7	33.0	26.6	22.8	21.9
a2b0	18.2	22.5	33.7	41.3	45.2	49.9	57.4	60.9	58.3	58.3	57.2	53.5	49.9	46.4	41.6	34.8	34.9
a2b1	18.1	23.2	36.7	45.8	55.0	65.2	61.1	58.8	62.8	60.7	58.6	51.8	51.1	46.5	42.6	35.8	34.1
a3b0	17.7	28.6	34.3	39.0	41.2	49.0	54.5	54.5	55.4	56.1	48.8	51.5	47.0	42.3	35.7	29.4	24.7
a3b1	18.8	29.3	38.4	40.3	48.3	49.9	54.2	55.2	57.1	55.9	50.9	52.6	48.3	42.6	36.7	29.4	30.1
a4b0	17.5	19.4	21.6	38.9	49.2	49.5	50.3	52.2	54.7	51.7	50.9	46.6	39.3	36.1	31.7	27.7	26.1
a4b1	18.8	19.4	30.7	43.3	45.4	46.9	49.7	52.0	54.7	56.1	51.0	52.7	46.7	42.5	38.0	34.7	30.6
a5b0	17.8	23.6	28.7	36.8	39.6	43.1	43.0	45.5	47.2	43.4	42.5	33.9	38.6	32.6	27.8	25.7	22.9
a5b1	18.2	19.7	30.1	50.3	60.1	56.1	57.7	49.6	44.1	44.4	46.4	38.9	37.4	34.6	30.4	31.5	26.6

a0: 0% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a2: 60% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a4: 45% bagazo, 15% azolla, 40% suelo

b0: Marca Comercial

a1: 0% bagazo, 60% azolla, 40% suelo

a3: 30% bagazo, 30% azolla, 40% suelo

a5: 15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo

b1: Microorganismos atrapados.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla A-3 Valores de pH iniciales de los sustratos y EMs.

Inicial	pH
Suelo	8.82
Residuos de caña	5.9
Azolla	6.32
EM1	3.4
EM Atrapados	6.5

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla A-4 Valores de pH con respecto al tiempo de descomposición.

Tratamientos	Inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
a0b0R1	8.82	4.25	4.72	5.13	5.84	6.71	6.43	6.73	6.85
a0b0R2	8.82	4.23	5.03	5.49	5.91	6.76	6.58	6.69	6.89
a0b1R1	8.82	5.86	6.31	8	8.64	7.99	7.85	7.51	7.13
a0b1R2	8.82	6	6.76	8.15	8.78	8.85	7.67	7.48	7.21
a1b0R1	6.32	4.56	5.09	5.8	7.54	7.88	7.47	7.38	7.18
a1b0R2	6.31	4.26	4.64	4.94	6.95	7.5	7.27	7.3	7.06
a1b1R1	6.28	6.63	7.56	7.63	8.26	8	7.7	7.43	7.31
a1b1R2	6.26	6.8	7.58	7.72	8.1	7.87	7.73	7.49	7.29
a2b0R1	6.2	4.08	4.43	5.06	6.69	8.04	7.77	7.36	7.76
a2b0R2	6.17	4.03	4.9	5.1	6.36	7.74	7.62	7.2	7.31
a2b1R1	6.21	4.16	4.21	4.87	6.97	8.12	7.82	7.48	7.22
a2b1R2	6.14	4.19	4.32	5.37	7.23	8.48	7.96	7.5	7.24
a3b0R1	7.14	4.12	4.72	5.5	7.36	7.78	7.61	7.36	7.13
a3b0R2	7.26	4.24	4.8	6	7.5	7.82	7.57	7.31	7.03
a3b1R1	7.18	6	6.19	6.34	7.59	7.66	8.04	7.52	7.21
a3b1R2	7.23	6.13	6.35	6.62	7.79	7.84	8.09	7.64	7.12
a4b0R1	6.7	4.52	5.01	5.67	7.41	7.83	7.5	7.08	7.15
a4b0R2	6.67	4.1	4.94	5.71	7.65	7.94	7.61	7.12	7.17
a4b1R1	6.69	4.38	4.7	4.97	6.33	7.76	8.03	7.59	7.1
a4b1R2	6.72	4.44	4.53	4.95	6.38	7.73	7.92	7.48	7.03
a5b0R1	6.98	4.11	4.89	6.89	6.39	7.25	7.93	7.6	7.03
a5b0R2	7	4.28	4.99	6.74	6.58	7.34	7.77	7.43	7.08
a5b1R1	6.92	6.93	7.29	7.41	7.74	7.92	7.2	7.54	7.29
a5b1R2	6.95	6.73	7.16	7.3	7.7	8	7.36	7.67	7.17

a0: 0% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a2: 60% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a4: 45% bagazo, 15% azolla, 40% suelo

b0: Marca Comercial

a1: 0% bagazo, 60% azolla, 40% suelo

a3: 30% bagazo, 30% azolla, 40% suelo

a5: 15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo

b1: Microorganismos atrapados.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla A-5 Valores de pH promedio entre réplicas del abono orgánico con respecto al tiempo.

Tratamientos	Inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
a0b0	8.82	4.24	4.88	5.31	5.88	6.74	6.51	6.71	6.87
a0b1	8.82	5.93	6.54	8.08	8.71	8.42	7.76	7.50	7.17
a1b0	6.32	4.41	4.87	5.37	7.25	7.69	7.37	7.34	7.12
a1b1	6.27	6.72	7.57	7.68	8.18	7.94	7.72	7.46	7.30
a2b0	6.19	4.06	4.67	5.08	6.53	7.89	7.70	7.28	7.54
a2b1	6.18	4.18	4.27	5.12	7.10	8.30	7.89	7.49	7.23
a3b0	7.20	4.18	4.76	5.75	7.43	7.80	7.59	7.34	7.08
a3b1	7.21	6.07	6.27	6.48	7.69	7.75	8.07	7.58	7.17
a4b0	6.69	4.31	4.98	5.69	7.53	7.89	7.56	7.10	7.16
a4b1	6.71	4.41	4.62	4.96	6.36	7.75	7.98	7.54	7.07
a5b0	6.99	4.20	4.94	6.82	6.49	7.30	7.85	7.52	7.06
a5b1	6.94	6.83	7.23	7.36	7.72	7.96	7.28	7.61	7.23

a0: 0% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a2: 60% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a4: 45% bagazo, 15% azolla, 40% suelo

b0: Marca Comercial

a1: 0% bagazo, 60% azolla, 40% suelo

a3: 30% bagazo, 30% azolla, 40% suelo

a5: 15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo

b1: Microorganismos atrapados.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla A-6 Valores de control de la Humedad (%) de los tratamientos.

Tratamientos	Inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
a0b0R1	1.48	15.60	31.93	28.75	24.75	18.12	21.04	19.57	21.71
a0b0R2	1.14	15.90	35.51	29.26	22.59	19.58	20.16	17.30	15.71
a0b1R1	1.75	20.17	31.22	28.41	22.45	17.37	12.13	17.33	12.13
a0b1R2	1.56	21.12	29.40	28.28	20.04	17.70	15.55	17.91	15.55
a1b0R1	59.40	48.01	52.47	50.72	55.89	66.30	59.59	63.61	59.59
a1b0R2	57.17	52.75	50.10	40.49	48.49	66.54	57.09	60.59	57.09
a1b1R1	59.07	62.75	59.18	45.39	67.96	62.82	59.95	63.19	67.25
a1b1R2	60.75	62.78	56.19	59.70	77.07	64.47	58.56	61.55	66.74
a2b0R1	62.04	53.71	59.50	60.09	62.81	52.30	60.32	59.42	60.32
a2b0R2	62.21	45.85	60.14	66.24	67.52	51.88	63.17	61.49	63.17
a2b1R1	64.62	70.43	68.91	61.57	61.54	64.07	49.85	58.04	59.37
a2b1R2	61.96	66.83	61.28	55.99	69.71	62.99	60.05	62.34	56.37
a3b0R1	56.70	46.93	51.08	62.09	61.08	55.18	54.57	49.22	54.57
a3b0R2	60.51	51.17	53.49	67.47	64.55	59.28	59.90	52.80	59.90
a3b1R1	60.61	61.85	60.79	67.41	67.61	69.56	64.37	65.52	65.06
a3b1R2	65.74	59.71	63.10	50.85	70.56	64.10	61.43	63.23	64.96
a4b0R1	57.31	46.73	52.80	61.07	61.55	66.13	57.93	58.08	57.93
a4b0R2	59.54	66.58	60.33	67.74	68.74	45.67	57.52	56.12	57.52
a4b1R1	59.66	60.49	69.94	54.29	74.75	65.99	58.62	67.55	60.93
a4b1R2	57.48	63.03	61.00	58.76	62.22	62.00	58.09	64.51	59.02
a5b0R1	61.58	50.00	70.27	46.67	46.80	48.41	58.19	59.45	58.19
a5b0R2	62.40	52.37	50.64	52.59	60.05	63.54	62.68	64.69	62.68
a5b1R1	59.65	54.69	49.23	62.19	63.72	60.89	58.75	58.62	58.60
a5b1R2	64.55	50.71	49.37	68.19	67.25	62.13	66.45	66.00	68.41

a0: 0% bagazo, 0% azolla, 40% suelo
a2: 60% bagazo, 0% azolla, 40% suelo
a4: 45% bagazo, 15% azolla, 40% suelo
b0: Marca Comercial

a1: 0% bagazo, 60% azolla, 40% suelo
a3: 30% bagazo, 30% azolla, 40% suelo
a5: 15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo
b1: Microorganismos atrapados.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla A-7 Valores de Humedad (%) promedio entre réplicas del abono orgánico.

Tratamientos	Inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
a0b0	1.31	15.75	33.72	29.00	23.67	18.85	20.60	18.43	18.71
a0b1	1.65	20.65	30.31	28.34	21.25	17.53	13.84	17.62	13.84
a1b0	58.28	50.38	51.28	45.61	52.19	66.42	58.34	62.10	58.34
a1b1	59.91	62.76	57.68	52.54	72.51	63.64	59.25	62.37	67.00
a2b0	62.13	49.78	59.82	63.17	65.17	52.09	61.74	60.46	61.74
a2b1	63.29	68.63	65.09	58.78	65.63	63.53	54.95	60.19	57.87
a3b0	58.60	49.05	52.29	64.78	62.81	57.23	57.24	51.01	57.24
a3b1	63.18	60.78	61.95	59.13	69.09	66.83	62.90	64.37	65.01
a4b0	58.42	56.66	56.57	64.41	65.15	55.90	57.72	57.10	57.72
a4b1	58.57	61.76	65.47	56.53	68.48	63.99	58.35	66.03	59.98
a5b0	61.99	51.19	60.45	49.63	53.43	55.98	60.43	62.07	60.43
a5b1	62.10	52.70	49.30	65.19	65.49	61.51	62.60	62.31	63.51

a0: 0% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a2: 60% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a4: 45% bagazo, 15% azolla, 40% suelo

b0: Marca Comercial

a1: 0% bagazo, 60% azolla, 40% suelo

a3: 30% bagazo, 30% azolla, 40% suelo

a5: 15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo

b1: Microorganismos atrapados.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla A-8 Valores Materia Orgánica (%) de los tratamientos con respecto al tiempo.

Tratamientos	Inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
a0b0R1	1.5	2.8	2.5	1.6	1.2	1.8	1.2	1.7	1.5
a0b0R2	1.8	3.1	3.1	2.0	1.1	1.7	1.2	1.4	1.3
a0b1R1	1.9	2.1	2.0	1.6	1.9	1.9	2.0	1.7	1.7
a0b1R2	1.7	2.2	1.8	1.5	1.6	1.7	2.2	1.7	1.9
a1b0R1	26.3	17.8	13.7	15.5	15.3	13.2	12.8	12.2	10.8
a1b0R2	28.7	17.3	16.9	11.7	14.1	16.0	12.0	10.8	10.6
a1b1R1	20.1	16.6	12.6	13.9	10.8	12.7	9.4	11.1	12.2
a1b1R2	21.3	18.9	16.6	15.0	12.5	13.8	9.7	11.1	12.4
a2b0R1	49.8	39.3	28.5	27.8	18.2	19.3	21.5	21.0	22.1
a2b0R2	50.1	36.0	33.1	28.6	16.5	25.1	17.8	23.9	22.9
a2b1R1	54.8	51.9	31.5	20.9	18.4	19.3	13.0	20.9	17.6
a2b1R2	50.0	46.8	29.5	20.8	13.2	16.0	22.1	18.5	17.6
a3b0R1	54.2	37.9	29.9	18.2	26.6	21.3	19.1	15.2	13.4
a3b0R2	51.3	35.1	30.1	19.5	17.9	22.7	14.2	14.3	13.6
a3b1R1	52.6	21.9	16.1	19.1	15.0	19.0	20.6	18.5	18.6
a3b1R2	54.3	25.4	19.9	20.9	17.6	15.0	17.3	17.9	17.6
a4b0R1	45.9	39.0	42.4	32.6	20.3	20.3	19.2	15.6	14.0
a4b0R2	47.9	39.9	38.3	33.3	27.9	18.6	25.0	16.1	14.2
a4b1R1	46.2	28.1	20.0	24.5	18.5	20.7	15.5	19.4	19.4
a4b1R2	48.8	32.7	19.5	23.1	21.9	22.3	16.7	16.7	19.9
a5b0R1	29.3	16.7	16.7	19.9	23.2	16.0	15.1	17.8	20.7
a5b0R2	32.7	17.1	21.1	17.6	23.6	19.8	17.8	20.3	21.6
a5b1R1	31.2	20.2	15.5	19.2	17.3	17.0	15.5	13.0	13.1
a5b1R2	31.9	23.0	16.4	19.0	15.5	17.1	15.8	13.4	13.2

a0: 0% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a2: 60% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a4: 45% bagazo, 15% azolla, 40% suelo

b0: Marca Comercial

a1: 0% bagazo, 60% azolla, 40% suelo

a3: 30% bagazo, 30% azolla, 40% suelo

a5: 15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo

b1: Microorganismos atrapados.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla A-9 Valores de Materia Orgánica (%) promedio entre réplicas del abono orgánico

Tratamientos	Inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
a0b0	1.7	2.9	2.8	1.8	1.1	1.8	1.2	1.6	1.4
a0b1	1.8	2.1	1.9	1.6	1.8	1.8	2.1	1.7	1.8
a1b0	27.5	17.6	15.3	13.6	14.7	14.6	12.4	11.5	10.7
a1b1	20.7	17.8	14.6	14.4	11.6	13.2	9.6	11.1	12.3
a2b0	49.9	37.6	30.8	28.2	17.3	22.2	19.7	22.4	22.5
a2b1	52.4	49.4	30.5	20.9	15.8	17.6	17.6	19.7	17.6
a3b0	52.7	36.5	30.0	18.8	22.3	22.0	16.6	14.7	13.5
a3b1	53.4	23.7	18.0	20.0	16.3	17.0	19.0	18.2	18.1
a4b0	46.9	39.4	40.4	33.0	24.1	19.5	22.1	15.8	14.1
a4b1	47.5	30.4	19.8	23.8	20.2	21.5	16.1	18.0	19.7
a5b0	31.0	16.9	18.9	18.7	23.4	17.9	16.5	19.1	21.2
a5b1	31.5	21.6	16.0	19.1	16.4	17.1	15.6	13.2	13.1

a0: 0% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a2: 60% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a4: 45% bagazo, 15% azolla, 40% suelo

b0: Marca Comercial

a1: 0% bagazo, 60% azolla, 40% suelo

a3: 30% bagazo, 30% azolla, 40% suelo

a5: 15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo

b1: Microorganismos atrapados.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla A-10 Valores Carbono (%) de los tratamientos con respecto al tiempo.

Tratamientos	Inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
a0b0R1	0.18	0.26	0.29	0.45	0.53	0.68	0.87	0.54	0.56
a0b0R2	0.18	0.20	0.24	0.36	0.48	0.73	0.84	0.63	0.56
a0b1R1	0.19	0.21	0.32	0.43	0.48	0.49	0.56	0.44	0.52
a0b1R2	0.18	0.24	0.39	0.35	0.49	0.48	0.54	0.43	0.53
a1b0R1	2.39	3.25	3.22	3.41	3.46	3.50	3.35	3.27	3.52
a1b0R2	2.24	2.41	3.02	3.35	3.49	3.74	3.34	3.31	3.49
a1b1R1	2.45	3.11	3.35	3.43	3.30	3.36	3.40	3.39	3.46
a1b1R2	2.43	3.18	3.42	3.18	3.57	3.57	3.29	3.30	3.49
a2b0R1	2.46	3.42	2.96	3.83	3.25	3.49	3.41	3.43	3.55
a2b0R2	2.46	3.31	2.84	3.01	3.14	3.44	3.42	3.37	3.58
a2b1R1	2.44	3.21	3.56	3.20	3.24	3.53	3.15	3.55	3.81
a2b1R2	2.55	3.24	3.52	3.13	3.49	3.40	3.52	3.42	3.83
a3b0R1	2.66	3.49	3.15	3.47	3.38	3.45	3.40	3.31	3.69
a3b0R2	2.64	3.47	3.03	3.42	3.39	3.44	3.10	3.43	3.66
a3b1R1	2.57	3.58	3.53	3.72	3.58	3.46	3.42	3.54	3.70
a3b1R2	2.53	3.72	3.56	3.35	3.20	3.47	3.49	3.44	3.69
a4b0R1	2.93	3.34	3.30	3.53	3.58	3.58	3.48	3.35	3.50
a4b0R2	2.73	3.45	3.36	3.62	3.57	3.35	3.35	3.48	3.48
a4b1R1	2.81	3.47	3.63	3.75	3.54	3.63	3.37	3.34	3.61
a4b1R2	2.80	3.25	3.63	3.75	3.73	3.48	3.41	3.63	3.55
a5b0R1	1.93	3.27	3.32	3.52	3.70	3.54	3.34	3.51	3.59
a5b0R2	1.98	3.28	3.43	3.52	3.75	3.64	3.46	3.54	3.62
a5b1R1	2.51	3.25	3.36	3.28	3.57	3.60	3.47	3.58	3.66
a5b1R2	2.63	3.35	3.56	3.35	3.60	3.45	3.58	3.39	3.68

a0: 0% bagazo, 0% azolla, 40% suelo
a2: 60% bagazo, 0% azolla, 40% suelo
a4: 45% bagazo, 15% azolla, 40% suelo
b0: Marca Comercial

a1: 0% bagazo, 60% azolla, 40% suelo
a3: 30% bagazo, 30% azolla, 40% suelo
a5: 15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo
b1: Microorganismos atrapados.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla A-11 Valores de carbono (%) promedio entre réplicas del abono orgánico.

Tratamientos	Inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
a0b0	0.181	0.231	0.264	0.405	0.507	0.707	0.852	0.585	0.559
a0b1	0.186	0.224	0.357	0.390	0.481	0.486	0.550	0.436	0.524
a1b0	2.315	2.831	3.119	3.381	3.475	3.622	3.346	3.290	3.505
a1b1	2.442	3.147	3.384	3.304	3.436	3.463	3.346	3.341	3.476
a2b0	2.459	3.364	2.900	3.423	3.193	3.462	3.416	3.399	3.565
a2b1	2.494	3.226	3.540	3.162	3.363	3.465	3.335	3.486	3.821
a3b0	2.647	3.480	3.088	3.445	3.387	3.448	3.251	3.373	3.677
a3b1	2.552	3.653	3.546	3.536	3.394	3.469	3.452	3.487	3.696
a4b0	2.829	3.395	3.327	3.575	3.571	3.463	3.415	3.415	3.493
a4b1	2.805	3.362	3.627	3.751	3.636	3.555	3.387	3.483	3.579
a5b0	1.955	3.279	3.373	3.522	3.723	3.592	3.398	3.523	3.606
a5b1	2.569	3.300	3.458	3.316	3.585	3.523	3.522	3.483	3.670

a0: 0% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a2: 60% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a4: 45% bagazo, 15% azolla, 40% suelo

b0: Marca Comercial

a1: 0% bagazo, 60% azolla, 40% suelo

a3: 30% bagazo, 30% azolla, 40% suelo

a5: 15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo

b1: Microorganismos atrapados.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla A-12 Valores Nitrógeno (%) de los tratamientos con respecto al tiempo.

Tratamientos	Inicial	Final
a0b0R1	0.03	0.060
a0b0R2	0.03	0.052
a0b1R1	0.03	0.066
a0b1R2	0.03	0.063
a1b0R1	0.143	0.137
a1b0R2	0.143	0.216
a1b1R1	0.143	0.290
a1b1R2	0.143	0.294
a2b0R1	0.115	0.255
a2b0R2	0.115	0.165
a2b1R1	0.115	0.185
a2b1R2	0.115	0.243
a3b0R1	0.316	0.230
a3b0R2	0.316	0.246
a3b1R1	0.316	0.327
a3b1R2	0.316	0.290
a4b0R1	0.353	0.272
a4b0R2	0.353	0.223
a4b1R1	0.353	0.260
a4b1R2	0.353	0.276
a5b0R1	0.156	0.257
a5b0R2	0.156	0.306
a5b1R1	0.156	0.239
a5b1R2	0.156	0.316

a0: 0% bagazo, 0% azolla, 40% suelo
a2: 60% bagazo, 0% azolla, 40% suelo
a4: 45% bagazo, 15% azolla, 40% suelo
b0: Marca Comercial

a1: 0% bagazo, 60% azolla, 40% suelo
a3: 30% bagazo, 30% azolla, 40% suelo
a5: 15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo
b1: Microorganismos atrapados.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla A-13 Valores de Nitrógeno (%) promedio entre réplicas del abono orgánico.

Tratamientos	Inicial	Final
a0b0	0.03	0.06
a0b1	0.03	0.06
a1b0	0.14	0.18
a1b1	0.14	0.29
a2b0	0.12	0.21
a2b1	0.12	0.21
a3b0	0.32	0.24
a3b1	0.32	0.32
a4b0	0.35	0.35
a4b1	0.35	0.27
a5b0	0.16	0.28
a5b1	0.16	0.28

a0: 0% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a2: 60% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a4: 45% bagazo, 15% azolla, 40% suelo

b0: Marca Comercial

a1: 0% bagazo, 60% azolla, 40% suelo

a3: 30% bagazo, 30% azolla, 40% suelo

a5: 15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo

b1: Microorganismos atrapados.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla A-14 Relación Carbono/Nitrógeno de los tratamientos con respecto al tiempo.

Tratamientos	Inicial	Final
	C:N	C:N
a0b0R1	6:1	9:1
a0b0R2	6:1	11:1
a0b1R1	6:1	8:1
a0b1R2	6:1	8:1
a1b0R1	17:1	26:1
a1b0R2	16:1	16:1
a1b1R1	17:1	12:1
a1b1R2	17:1	12:1
a2b0R1	21:1	14:1
a2b0R2	21:1	22:1
a2b1R1	21:1	21:1
a2b1R2	22:1	16:1
a3b0R1	8:1	16:1
a3b0R2	8:1	15:1
a3b1R1	8:1	11:1
a3b1R2	8:1	13:1
a4b0R1	8:1	13:1
a4b0R2	8:1	16:1
a4b1R1	8:1	14:1
a4b1R2	8:1	13:1
a5b0R1	12:1	14:1
a5b0R2	13:1	12:1
a5b1R1	16:1	15:1
a5b1R2	17:	12:1

a0: 0% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a2: 60% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a4: 45% bagazo, 15% azolla, 40% suelo

b0: Marca Comercial

a1: 0% bagazo, 60% azolla, 40% suelo

a3: 30% bagazo, 30% azolla, 40% suelo

a5: 15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo

b1: Microorganismos atrapados.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla A-15 Valores de la relación Carbono/Nitrógeno promedio entre réplicas del abono orgánico.

Tratamientos	Inicial	Final
a0b0	6:1	10:1
a0b1	6:1	8:1
a1b0	16:1	21:1
a1b1	17:1	12:1
a2b0	21:1	18:1
a2b1	22:1	18:1
a3b0	8:1	15:1
a3b1	8:1	12:1
a4b0	8:1	14:1
a4b1	8:1	13:1
a5b0	13:1	13:1
a5b1	16:1	13:1

a0: 0% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a2: 60% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a4: 45% bagazo, 15% azolla, 40% suelo

b0: Marca Comercial

a1: 0% bagazo, 60% azolla, 40% suelo

a3: 30% bagazo, 30% azolla, 40% suelo

a5: 15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo

b1: Microorganismos atrapados.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

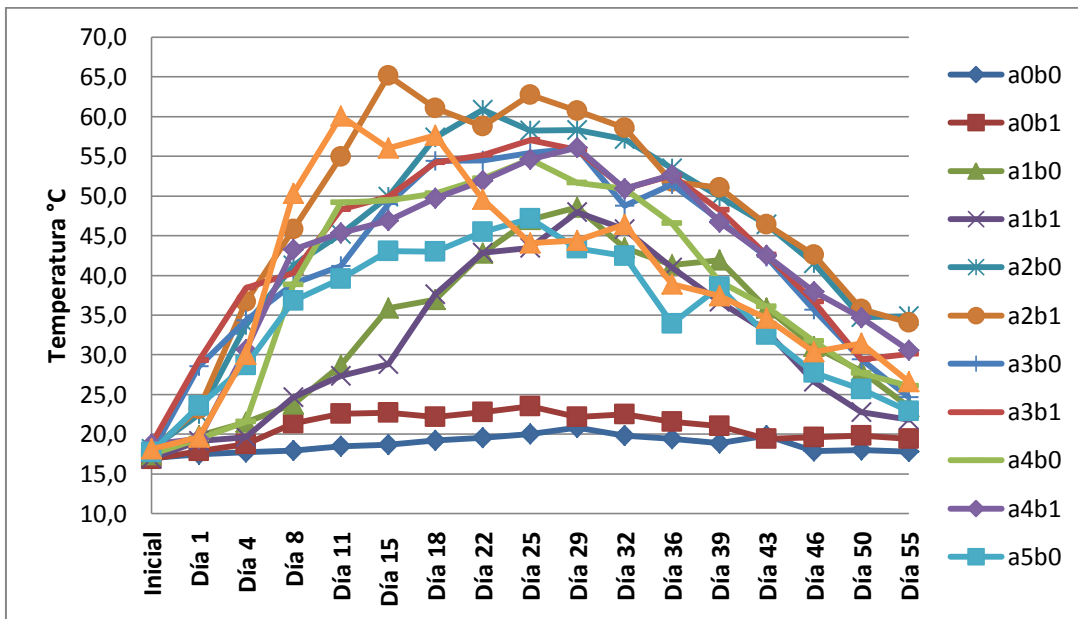


Figura A-1 Temperatura promedio entre réplicas del abono orgánico con respecto al tiempo.

a0: 0% bagazo, 0% azolla, 40% suelo
a2: 60% bagazo, 0% azolla, 40% suelo
a4: 45% bagazo, 15% azolla, 40% suelo
b0: Marca Comercial

a1: 0% bagazo, 60% azolla, 40% suelo
a3: 30% bagazo, 30% azolla, 40% suelo
a5: 15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo
b1: Microorganismos atrapados.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

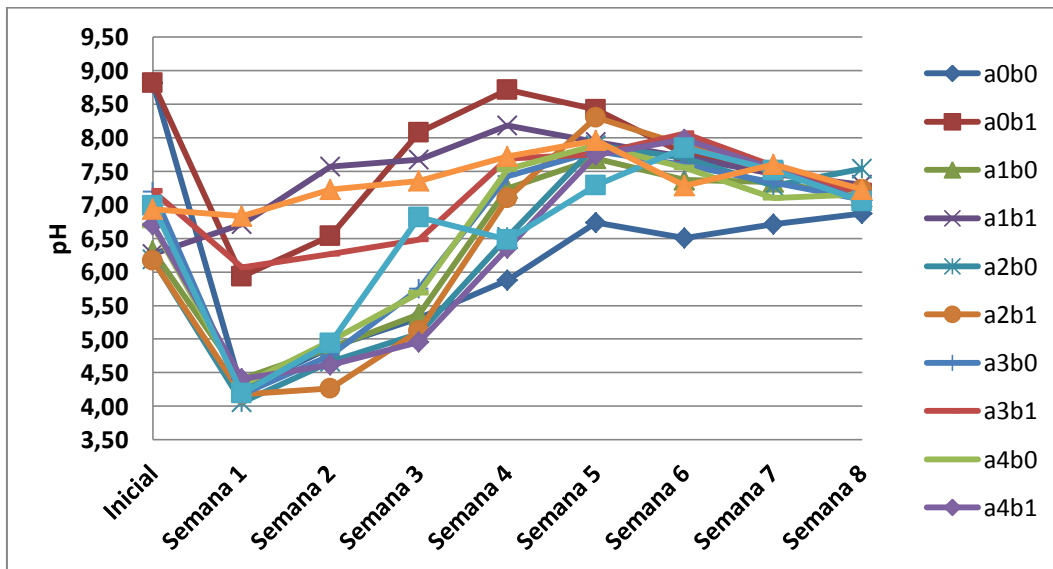


Figura A-2 pH promedio entre réplicas del abono orgánico con respecto al tiempo.

a0: 0% bagazo, 0% azolla, 40% suelo
a2: 60% bagazo, 0% azolla, 40% suelo
a4: 45% bagazo, 15% azolla, 40% suelo
b0: Marca Comercial

a1: 0% bagazo, 60% azolla, 40% suelo
a3: 30% bagazo, 30% azolla, 40% suelo
a5: 15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo
b1: Microorganismos atrapados.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

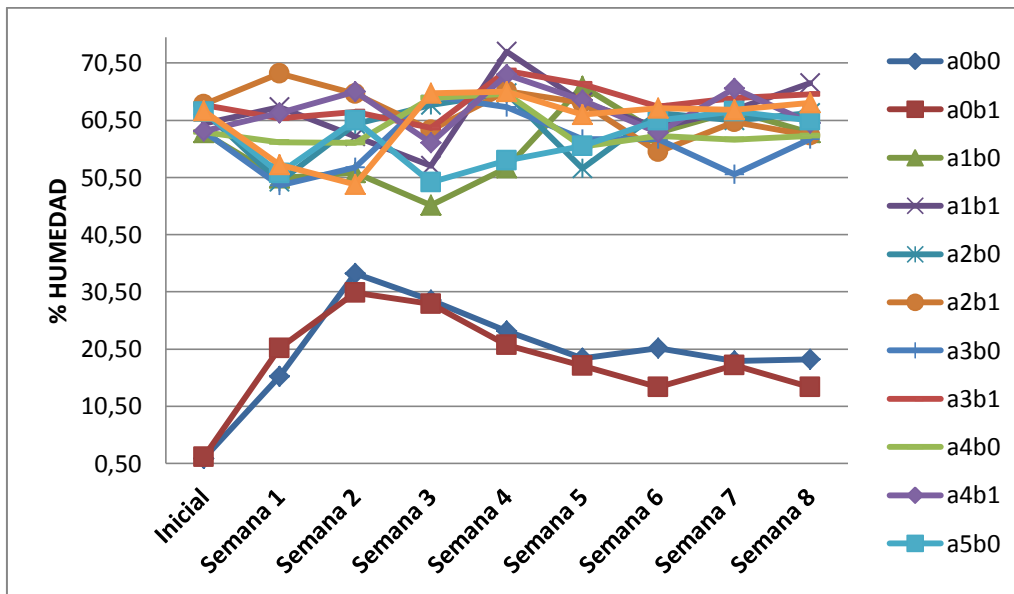


Figura A-3 Humedad promedio entre réplicas del abono orgánico.

a0: 0% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a2: 60% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a4: 45% bagazo, 15% azolla, 40% suelo

b0: Marca Comercial

a1: 0% bagazo, 60% azolla, 40% suelo

a3: 30% bagazo, 30% azolla, 40% suelo

a5: 15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo

b1: Microorganismos atrapados.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

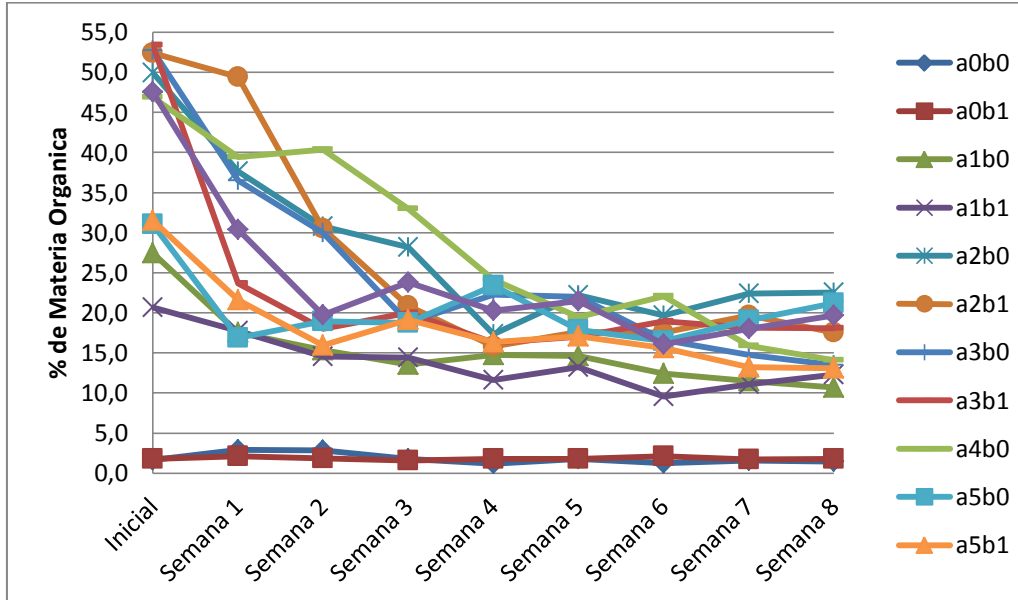


Figura A-4 Materia Orgánica promedio entre réplicas del abono orgánico.

a0: 0% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a2: 60% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a4: 45% bagazo, 15% azolla, 40% suelo

b0: Marca Comercial

a1: 0% bagazo, 60% azolla, 40% suelo

a3: 30% bagazo, 30% azolla, 40% suelo

a5: 15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo

b1: Microorganismos atrapados.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

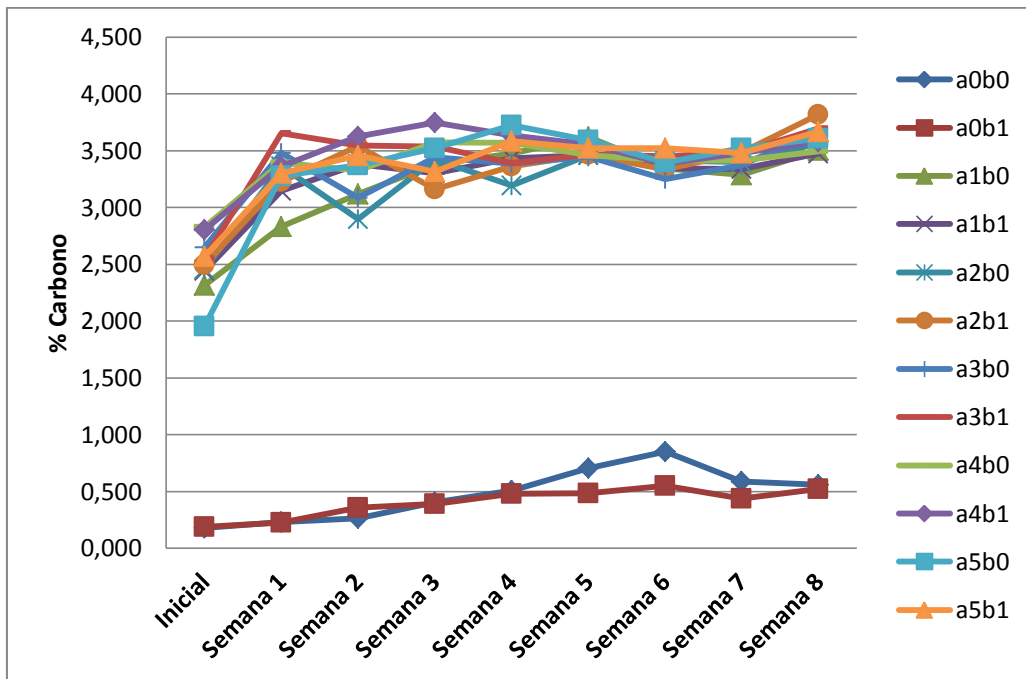


Figura A-5 Carbono promedio entre réplicas del abono orgánico.

a0: 0% bagazo, 0% azolla, 40% suelo
a2: 60% bagazo, 0% azolla, 40% suelo
a4: 45% bagazo, 15% azolla, 40% suelo

a1: 0% bagazo, 60% azolla, 40% suelo
a3: 30% bagazo, 30% azolla, 40% suelo
a5: 15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo

b0: Marca Comercial

b1: Microorganismos atrapados.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

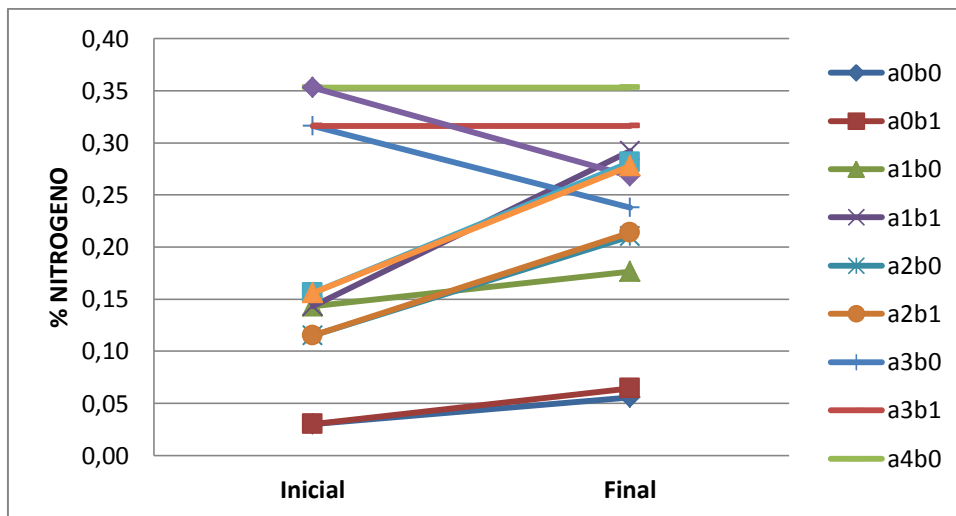


Figura A-6: Nitrógeno promedio entre réplicas del abono orgánico.

a0: 0% bagazo, 0% azolla, 40% suelo
a2: 60% bagazo, 0% azolla, 40% suelo
a4: 45% bagazo, 15% azolla, 40% suelo

a1: 0% bagazo, 60% azolla, 40% suelo
a3: 30% bagazo, 30% azolla, 40% suelo
a5: 15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo

b0: Marca Comercial

b1: Microorganismos atrapados.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

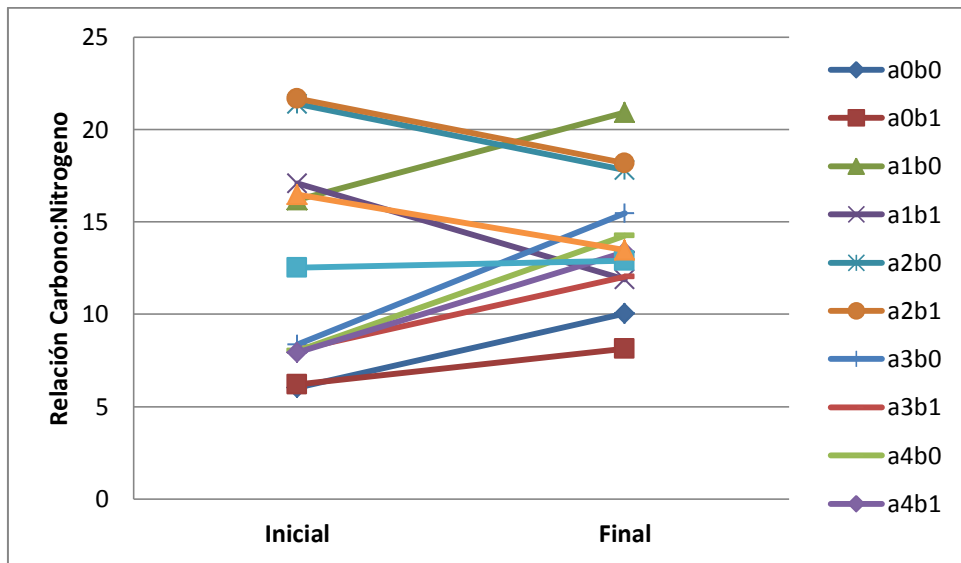


Figura A-7: Relación Carbono/Nitrógeno promedio entre réplicas del abono orgánico.

a0: 0% bagazo, 0% azolla, 40% suelo
a2: 60% bagazo, 0% azolla, 40% suelo
a4: 45% bagazo, 15% azolla, 40% suelo
b0: Marca Comercial

a1: 0% bagazo, 60% azolla, 40% suelo
a3: 30% bagazo, 30% azolla, 40% suelo
a5: 15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo
b1: Microorganismos atrapados.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

ANEXO B

**ANÁLISIS
ESTADÍSTICO**

Tabla B-1 Análisis de varianza del contenido de Materia Orgánica obtenido con los diferentes tratamientos.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:tipo y cantidad de S	869.557	5	173.911	1403.36	0*
B:Tipo de EM	0.132017	1	0.132017	1.07	0.3224
INTERACCIONES					
AB	144.224	5	28.8448	232.76	0*
RESIDUOS	1.4871	12	0.123925		
TOTAL (CORREGIDO)	1015.4	23			

Nivel de confianza = 95 %

* = significancia

a0: 0% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a2: 60% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a4: 45% bagazo, 15% azolla, 40% suelo

b0: Marca Comercial

a1: 0% bagazo, 60% azolla, 40% suelo

a3: 30% bagazo, 30% azolla, 40% suelo

a5: 15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo

b1: Microorganismos atrapados.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla B-2 Prueba de Tukey HSD para Materia Orgánica en base al Tipo y cantidad de Sustrato.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tipo y cantidad de Sustrato	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
0% bagazo, 0% azolla, 40% suelo	4	1.6175	a
0% bagazo, 60% azolla, 40% suelo	4	11.4975	b
30% bagazo, 30% azolla, 40% suelo	4	15.8025	c
45% bagazo, 15% azolla, 40% suelo	4	16.9025	d
15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo	4	17.1375	d
60% bagazo, 0% azolla, 40% suelo	4	20.0375	e

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla B-3 Prueba de Tukey HSD para Materia Orgánica en base al Tipo de Microorganismo.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tipo de EM	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
Comercial	12	13.7583	a
Atrapados	12	13.9067	a

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla B-4 Análisis de varianza del contenido de Carbono obtenido con los diferentes tratamientos.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tipo y cantidad de Sustrato	31.4571	5	6.29141	15894.1	0*
B:Tipo de EM	0.0222042	1	0.0222042	56.09	0*
INTERACCIONES					
AB	0.0576708	5	0.0115342	29.14	0*
RESIDUOS	0.00475	12	0.000395833		
TOTAL (CORREGIDO)	31.5417	23			

Nivel de confianza = 95 %

* = significancia

a0: 0% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a2: 60% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a4: 45% bagazo, 15% azolla, 40% suelo

b0: Marca Comercial

a1: 0% bagazo, 60% azolla, 40% suelo

a3: 30% bagazo, 30% azolla, 40% suelo

a5: 15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo

b1: Microorganismos atrapados.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla B-5 Prueba de Tukey HSD para Carbono en base al Tipo y cantidad de Sustrato.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tipo y cantidad de Sustrato	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
0% bagazo, 0% azolla, 40% suelo	4	0.5425	a
0% bagazo, 60% azolla, 40% suelo	4	3.49	b
45% bagazo, 15% azolla, 40% suelo	4	3.535	b
15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo	4	3.6375	c
30% bagazo, 30% azolla, 40% suelo	4	3.685	d
60% bagazo, 0% azolla, 40% suelo	4	3.6925	d

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla B-6 Prueba de Tukey HSD para Carbono en base al Tipo de Microorganismo.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tipo de EM	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
Comercial	12	3.06667	a
Atrapados	12	3.1275	b

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla B-7 Análisis de varianza del contenido de Nitrógeno obtenido con los diferentes tratamientos.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tipo y cantidad de Sustrato	0.136733	5	0.0273467	21.17	0*
B:Tipo de Microorganismo	0.00735	1	0.00735	5.69	0.0344*
INTERACCIONES					
AB	0.0104	5	0.00208	1.61	0.2309
RESIDUOS	0.0155	12	0.00129167		
TOTAL (CORREGIDO)	0.169983	23			

Nivel de confianza = 95 %

* = significancia

a0: 0% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a2: 60% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a4: 45% bagazo, 15% azolla, 40% suelo

b0: Marca Comercial

a1: 0% bagazo, 60% azolla, 40% suelo

a3: 30% bagazo, 30% azolla, 40% suelo

a5: 15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo

b1: Microorganismos atrapados.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla B-8 Prueba de Tukey HSD para Nitrógeno en base al Tipo y cantidad de Sustrato.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tipo y cantidad de Sustrato	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
0% bagazo, 0% azolla, 40% suelo	4	0.06	a
60% bagazo, 0% azolla, 40% suelo	4	0.215	b
0% bagazo, 60% azolla, 40% suelo	4	0.235	b
45% bagazo, 15% azolla, 40% suelo	4	0.2575	b
30% bagazo, 30% azolla, 40% suelo	4	0.275	b
15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo	4	0.2825	b

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla B-9 Prueba de Tukey HSD para Nitrógeno en base al Tipo de Microorganismo.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tipo de Microorganismo	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
Comerciales	12	0.203333	a
Atrapados	12	0.238333	b

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla B-10 Análisis de varianza de la relación Carbono/ Nitrógeno obtenido con los diferentes tratamientos.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tipo y cantidad de Sustrato	199.375	5	39.875	4.33	0.0175*
B:Tipo de EM	35.0417	1	35.0417	3.81	0.0748
INTERACCIONES					
AB	63.7083	5	12.7417	1.38	0.2975
RESIDUOS	110.5	12	9.20833		
TOTAL (CORREGIDO)	408.625	23			

Nivel de confianza = 95 %

* = significancia

a0: 0% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a2: 60% bagazo, 0% azolla, 40% suelo

a4: 45% bagazo, 15% azolla, 40% suelo

b0: Marca Comercial

a1: 0% bagazo, 60% azolla, 40% suelo

a3: 30% bagazo, 30% azolla, 40% suelo

a5: 15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo

b1: Microorganismos atrapados.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla B-11 Prueba de Tukey HSD para relación Carbono/Nitrógeno en base al Tipo y cantidad de Sustrato.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tipo y cantidad de Sustrato	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
0% bagazo, 0% azolla, 40% suelo	4	9	a
15% bagazo, 45% azolla, 40% suelo	4	13.25	ab
30% bagazo, 30% azolla, 40% suelo	4	13.75	ab
45% bagazo, 15% azolla, 40% suelo	4	14	ab
0% bagazo, 60% azolla, 40% suelo	4	16.5	b
60% bagazo, 0% azolla, 40% suelo	4	18.25	b

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla B-12 Prueba de Tukey HSD para relación Carbono/Nitrógeno en base al Tipo de Microorganismo.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tipo de EM	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
Atrapados	12	12.9167	a
Comercial	12	15.3333	a

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

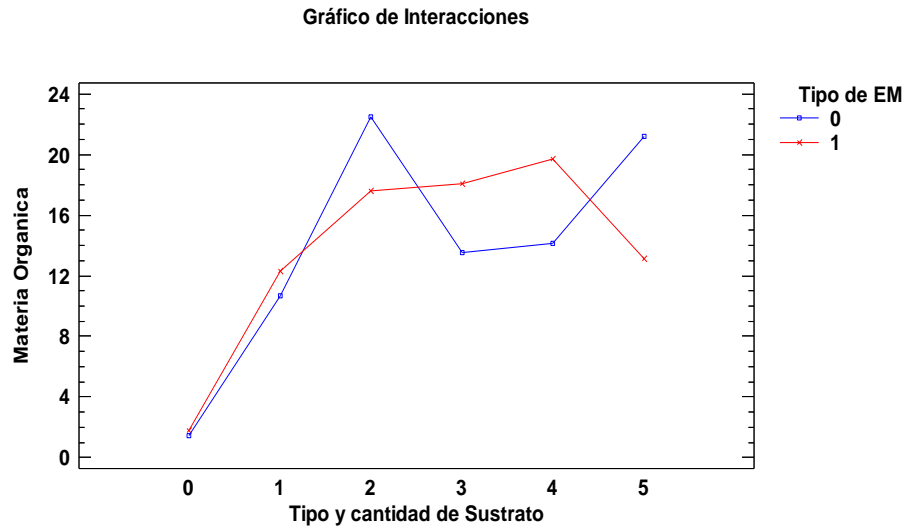


Figura B-1 Interacción e intervalos Tukey HSD al 95 % para el Tipo de microorganismos y el Tipo y cantidad de sustrato en base a Materia orgánica.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

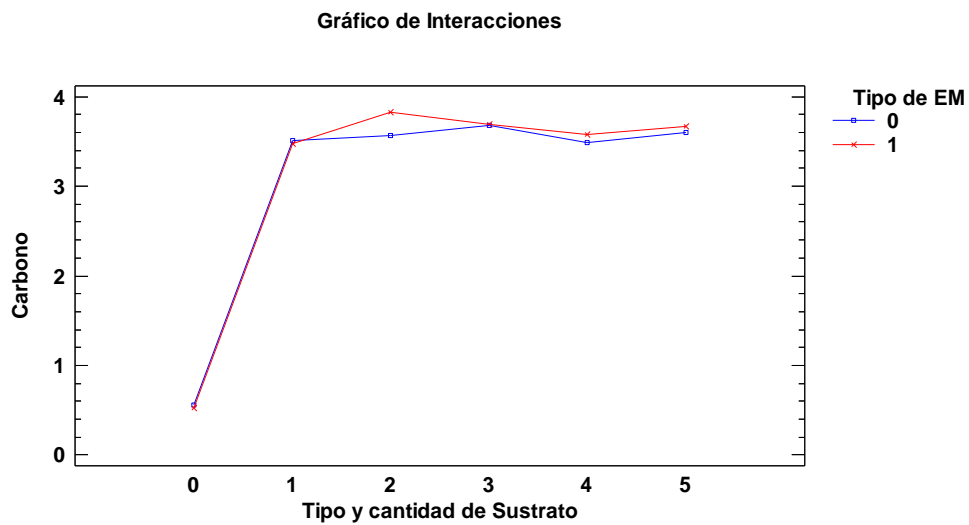


Figura B-2 Interacción e intervalos Tukey HSD al 95 % para el Tipo de microorganismos y el Tipo y cantidad de sustrato en base a Carbono.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Gráfico de Interacciones

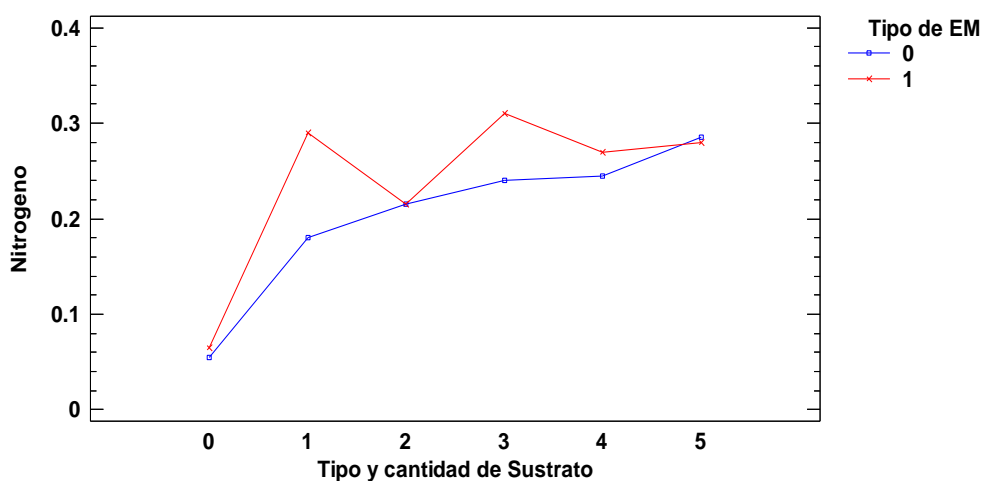


Figura B-3 Interacción e intervalos Tukey HSD al 95 % para el Tipo de microorganismos y el Tipo y cantidad de sustrato en base a Nitrógeno.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Gráfico de Interacciones

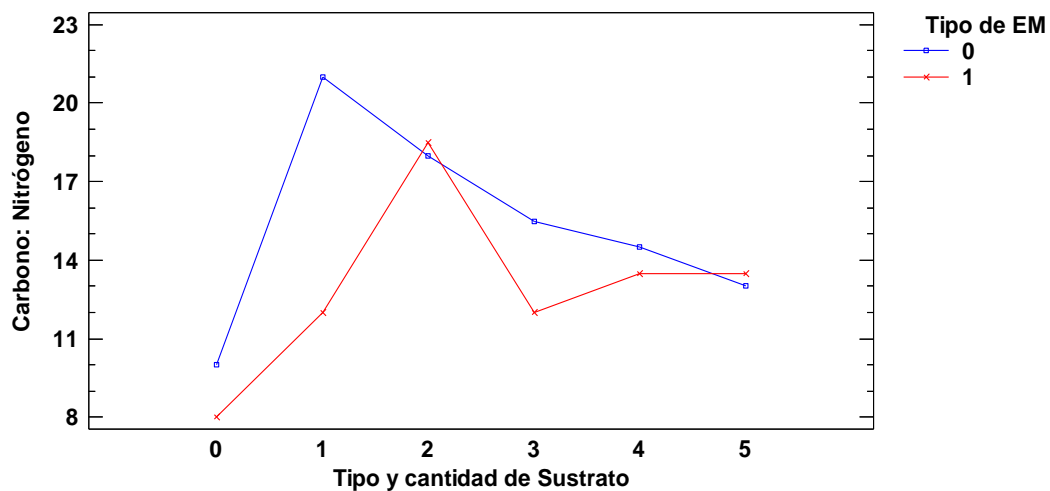


Figura B-4 Interacción e intervalos Tukey HSD al 95 % para el Tipo de microorganismos y el Tipo y cantidad de sustrato en base a la relación Carbono/Nitrógeno.

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

ANEXO C

CÁLCULOS

DEMOSTRATIVOS

CÁLCULO DEL NÚMERO DE UFC'S EN LA MARCA COMERCIAL DE MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM•1MICROORGANISMOS EFICACES).

$$\# \frac{Ufc}{ml} = \frac{\text{Número de colonias} * \text{Factor de dilución}}{\text{Volumen inoculado}}$$

$$\# \frac{Ufc}{ml} = \frac{134 * 10^5}{0.1 ml}$$

$$\# \frac{Ufc}{ml} = 134 \times 10^6$$

CÁLCULO DEL NÚMERO DE UFC'S EN LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES ATRAPADOS DEL RUMEN BOVINO.

$$\# \frac{Ufc}{ml} = \frac{\text{Número de colonias} * \text{Factor de dilución}}{\text{Volumen inoculado}}$$

$$\# \frac{Ufc}{ml} = \frac{318 * 10^8}{0.1 ml}$$

$$\# \frac{Ufc}{ml} = 318 \times 10^6$$

CÁLCULO DE LA CONCENTRACION DE MICROORGANISMOS EFICIENTES APLICADOS EN LOS TRATAMIENTOS

- **Microorganismos atrapados del rumen bovino**

Se realizó una dilución 1/2.87, mezclando 19 kg de rumen en 35.5 kg de agua.

$$1 \text{ ml} \rightarrow 318 \times 10^6 \text{ ufc}$$

$$2000 \text{ ml} \rightarrow x = \frac{6.36 \times 10^{11} \text{ ufc}}{3} = 2.12 \times 10^{11} \text{ ufc}$$

- **EM•1 Microorganismos Eficaces**

$$134 \times 10^6 \text{ ufc} \rightarrow 1 \text{ ml}$$

$$2.12 \times 10^{11} \text{ ufc} \rightarrow x = 1582.09 \text{ ml}$$

CÁLCULO PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE HUMEDAD

$$SS(\%) = \frac{(\text{Peso cápsula con muestra seca} - \text{Peso cápsula vacía})}{(\text{Peso cápsula con muestra húmeda} - \text{Peso cápsula vacía})} * 100$$

$$H(\%) = 100 - SS(\%)$$

Dónde:

SS (%) = Sustancia Seca

H (%) = Humedad

CÁLCULO PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE MATERIA ORGÁNICA

$$MO(\%) = \frac{P_{105} - [P_{(450)} - P_{(cápsula)}]}{P_{(105)}} * 100$$

Dónde:

$P_{(450)}$ = Peso de la muestra calcinada incluida cápsula.

$P_{(105)}$ = Peso de la muestra seca (sin cápsula)

CÁLCULO PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE CARBONO

Ecuación de la recta

$$y = ax + b$$

$$x = \frac{y}{a} - b$$

Ecuación de la curva de calibración de carbono

$$y = 0.3584x + 0.0299$$

$$x = \frac{0.210}{0.3584} - 0.0299 = 0.55\%$$

CÁLCULO PARA DETERMINAR LA RELACIÓN CARBONO: NITRÓGENO.

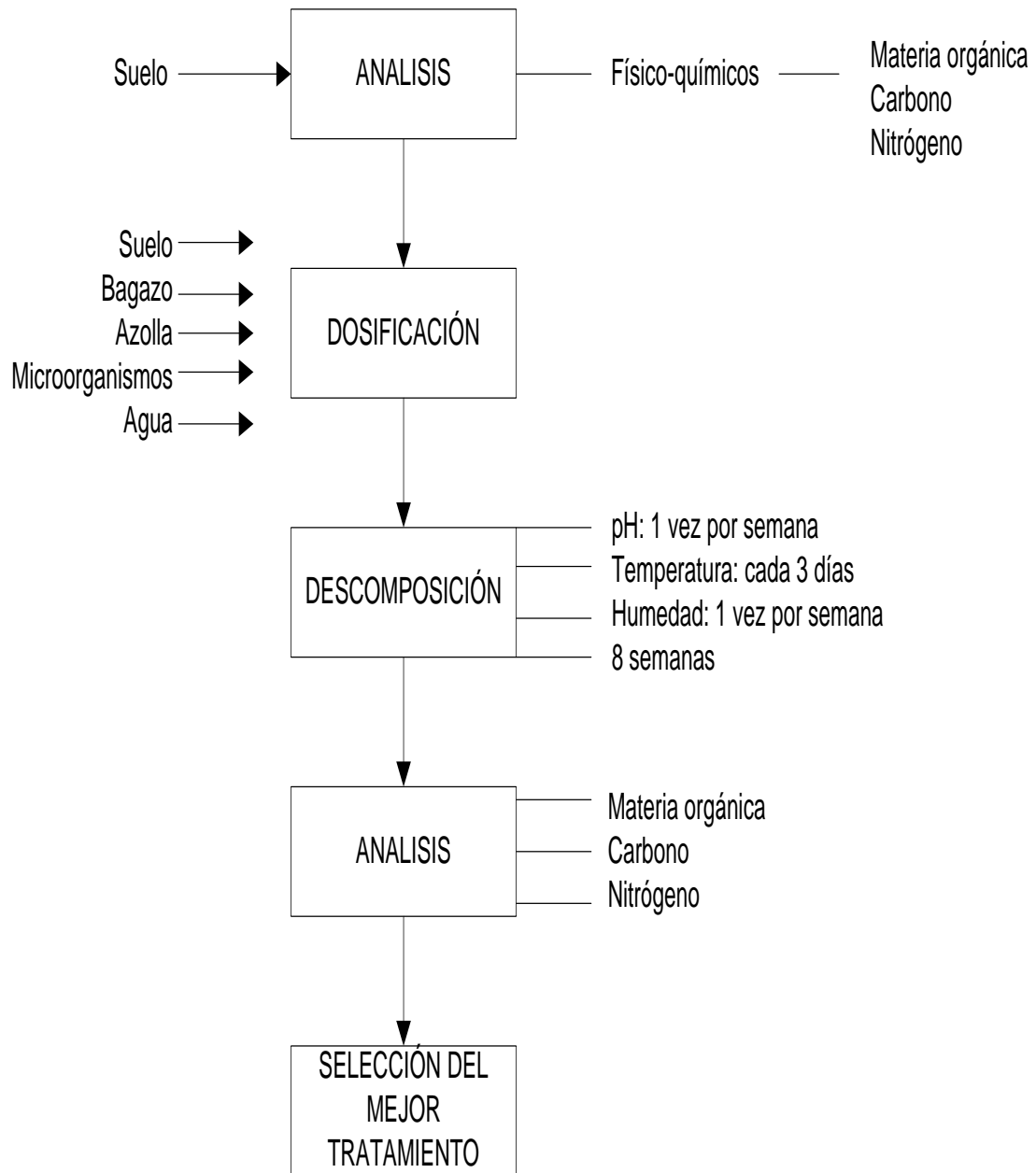
$$C/N = \frac{\%C}{\%N}$$

ANEXO D

DIAGRAMAS DE

FLUJO

Anexo D-1. Diagrama de flujo para la elaboración de los tratamientos del abono orgánico.



Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

ANEXO E

ANÁLISIS

ECONÓMICO

ANÁLISIS DE LOS PRECIOS UNITARIOS PARA LA ELABORACIÓN DEL MEJOR TRATAMIENTO a2b1

Tabla E-1 Descripción de rubros, unidades, cantidades y precios de elaborar el mejor tratamiento de abono orgánico en base a residuos de caña de azúcar.

RUBRO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL
01	RECOLECCION DE RESIDUOS DE CAÑA	Kg	3.60	0.03	0.11
02	PICADO DE LOS RESIDUOS DE CAÑA	Kg	3.60	0.08	0.29
04	RECOLECCION DE TIERRA AGRÍCOLA CON BAJO CONTENIDO DE M. O	Kg	2.40	0.10	0.24
05	SUMINISTRO DE RUMEN	Kg	0.80	0.89	0.71
06	MEZCLA DE MATERIALES Y ALMACENAMIENTO EN RECIPIENTES SELLADO	U	1.00	1.19	1.19
07	TOMA DE DATOS (TEMPERATURA-PH-HUMEDAD-MAT.ORGANICA-CARBONO)	U	1.00	0.35	0.35
08	PRUEBA DE GERMINACIÓN CON LECHUGA (EN TARRINA)	U	1.00	0.24	0.24
TOTAL:					3.13

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla E-2 Análisis de precios unitarios para la recolección de la caña.

RUBRO : 01
 DETALLE : RECOLECCION DE RESIDUOS DE
 CAÑA

UNIDAD:
 Kg

<i>EQUIPO DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.00
CAMIONETA	1.00	0.10	0.10	0.040	0.00
SUBTOTAL M					0.00

<i>MANO DE OBRA DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/H R B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
PEON EOE2	1.00	2.78	2.78	0.004	0.01
SUBTOTAL N					0.01

<i>MATERIALES DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
RESIDUOS DE CAÑA	KG	1.000	0.01	0.01
SUBTOTAL O				0.01

<i>TRANSPORTE DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
RESIDUOS DE CAÑA	KG	1.000	0.01	0.01
SUBTOTAL P				0.01

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	0.03
INDIRECTOS Y UTILIDADES (%)	2.00
OTROS INDIRECTOS (%)	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	0.03
VALOR OFERTADO	0.03

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla E-3 Análisis de precios unitarios para el picado de los residuos.

RUBRO : 02

UNIDAD:
Kg

DETALLE : PICADO DE LOS RESIDUOS DE CAÑA

<i>EQUIPO DESCRIPCION</i>	<i>CANTID AD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.00
PICADORA DE MATERIAL VEGETAL	1.00	1.00	1.00	0.020	0.02
SUBTOTAL M					0.02

<i>MANO DE OBRA DESCRIPCION</i>	<i>CANTID AD A</i>	<i>JORNAL/H R B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
OPERADOR DE MOTOTRAILLA OPC 1	1.00	3.02	3.02	0.020	0.06
SUBTOTAL N					0.06

<i>MATERIALES DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
SUBTOTAL O				0.00

<i>TRANSPORTE DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	0.08
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)	2.00
OTROS INDIRECTOS(%)	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	0.08
VALOR OFERTADO	0.08

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla E-4 Análisis de precios unitarios para la recolección de tierra con bajo contenido de materia orgánica.

RUBRO : 04
 DETALLE: RECOLECCION DE TIERRA AGRÍCOLA CON BAJO CONTENIDO DE M. O

UNIDAD:
Kg

<i>EQUIPO DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.00
SUBTOTAL M					0.00

<i>MANO DE OBRA DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/H R B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
PEON EOE2	1.00	2.78	2.78	0.030	0.08
SUBTOTAL N					0.08

<i>MATERIALES DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
TIERRA AGRICOLA BAJO EN CONTENIDO DE M. O.	Kg	1.000	0.01	0.01
SUBTOTAL O				0.01

<i>TRANSPORTE DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
TIERRA AGRICOLA BAJO EN CONTENIDO DE M. O.	Kg	1.000	0.01	0.01
SUBTOTAL P				0.01

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	0.10
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)	2.00
OTROS INDIRECTOS(%)	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	0.10
VALOR OFERTADO	0.10

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla E-5 Análisis de precios unitarios para suministros de rumen.

RUBRO : 05
 DETALLE : SUMINISTRO DE
 RUMEN

UNIDAD:
 Kg

<i>EQUIPO DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.00
SUBTOTAL M					0.00

<i>MANO DE OBRA DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/ HR B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
PEON EOE2	1.00	2.78	2.78	0.020	0.06
SUBTOTAL N					0.06

<i>MATERIALES DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
RUMEN DE GANADO BOVINO	Kg	0.050	0.13	0.01
ENVASE PLASTICO 120 LTS	U	0.050	15.00	0.75
SUBTOTAL O				0.76

<i>TRANSPORTE DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
RUMEN DE GANADO BOVINO	Kg	0.050	1.00	0.05
SUBTOTAL P				0.05

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	0.87
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)	2.00
OTROS INDIRECTOS(%)	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	0.89
VALOR OFERTADO	0.89

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla E-6 Análisis de precios unitarios para mezcla de materiales y almacenamiento en recipientes sellados.

RUBRO : 06
 DETALLE : MEZCLA DE MATERIALES Y ALMACENAMIENTO EN
 RECIPIENTES SELLADO

UNIDAD:
 U

<i>EQUIPO DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.00
BALANZA DE PRECISION	1.00	0.50	0.50	0.020	0.01
SUBTOTAL M					0.01

<i>MANO DE OBRA DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/H R B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
PEON EOE2	1.00	2.78	2.78	0.020	0.06
SUBTOTAL N					0.06

<i>MATERIALES DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
ENVASE PLASTICO DE 20 LT	U	1.000	1.00	1.00
MANGUERA 12mm	ML	0.400	0.22	0.09
ENVASE PLASTICO DE 500CC	U	1.000	0.01	0.01
SUBTOTAL O				1.10

<i>TRANSPORTE DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	1.17
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)	2.00
OTROS INDIRECTOS(%)	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	1.19
VALOR OFERTADO	1.19

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla E-7 Análisis de precios unitarios para toma de datos.

RUBRO : 07
 DETALLE : TOMA DE DATOS (TEMPERATURA-PH-HUMEDAD-
 MAT.ORGANICA-CARBONO)

UNIDAD:
 U

<i>EQUIPO DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.01
TERMOCUPLA	1.00	0.17	0.17	0.030	0.01
PHMETRO	1.00	0.25	0.25	0.030	0.01
ESTUFA	1.00	0.25	0.25	0.030	0.01
MUFLA	1.00	0.30	0.30	0.030	0.01
ESPECTOFOTOMETRO VISIBLE/UV	1.00	0.50	0.50	0.030	0.02
KJELDAHL	1.00	0.25	0.25	0.030	0.01
ESPECTOFOTOMETRO DE ABSORCION	1.00	0.80	0.80	0.030	0.02
SUBTOTAL M					0.10

<i>MANO DE OBRA DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/H R B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
LABORATORISTA EOC1	1.00	3.02	3.02	0.080	0.24
SUBTOTAL N					0.24

<i>MATERIALES DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
SUBTOTAL O				0.00

<i>TRANSPORTE DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	0.34
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)	2.00
OTROS INDIRECTOS(%)	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	0.35
VALOR OFERTADO	0.35

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla E-8 Análisis de precios unitarios para prueba de germinación.

RUBRO : 08
 DETALLE : PRUEBA DE GERMINACIÓN CON LECHUGA
 (EN TARRINA)

UNIDAD:
 U

<i>EQUIPO DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.01
SUBTOTAL M					0.01

<i>MANO DE OBRA DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/H R B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
PEON EOE2	1.00	2.78	2.78	0.080	0.22
SUBTOTAL N					0.22

<i>MATERIALES DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
LECHUGA CRESPA	Kg	0.240	0.06	0.01
SUBTOTAL O				0.01

<i>TRANSPORTE DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	0.24
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)	2.00
OTROS INDIRECTOS(%)	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	0.24
VALOR OFERTADO	0.24

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla E-9 Análisis de precios unitarios para tarifa de equipos.

DESCRIPCION	COSTOxHORA	HORA-EQUIPO	COSTO TOTAL
Herramienta menor(% total)	0.02		0.02
BALANZA DE PRESICION	0.50	0.02	0.01
CAMIONETA	0.10	0.14	0.01
ESPECTOFOTOMETRO DE ABSORCION	0.80	0.03	0.02
ESPECTOFOTOMETRO VISIBLE/UV	0.50	0.03	0.02
ESTUFA	0.25	0.03	0.01
KJELDAHL	0.25	0.03	0.01
MUFLA	0.30	0.03	0.01
PHMETRO	0.25	0.03	0.01
PICADORA DE MATERIAL VEGETAL	1.00	0.07	0.07
TERMOCUPLA	0.17	0.03	0.01

TOTAL: 0.20

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla E-10 Análisis de precios unitarios para tarifa mano de obra.

DESCRIPCION	CAT.	SAL.REALxHORA	HOR-HOMBRE	COSTO TOTAL
LABORATORISTA	EOC1	3.02	0.08	0.24
PEON	EOE2	2.78	0.20	0.56
OPERADOR DE MOTOTRAILLA	OPC1	3.02	0.07	0.21

TOTAL: 1.01

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla E-11 Análisis de precios unitarios para costos de materiales.

DESCRIPCION	UNIDA D	PRECIO UNIT.	CANTIDA D	COSTO TOTAL
ENVASE PLASTICO 120 LTS	U	15.00	0.04	0.60
ENVASE PLASTICO DE 20 LT	U	1.00	1.00	1.00
ENVASE PLASTICO DE 500CC	U	0.01	1.00	0.01
LECHUGA CRESPA	Kg	0.06	0.24	0.01
MANGUERA 12mm	ML	0.22	0.40	0.09
RESIDUOS DE CAÑA	KG	0.01	3.60	0.04
RUMEN DE GANADO BOVINO	Kg	0.13	0.04	0.01
TIERRA AGRICOLA BAJO EN CONTENIDO DE M. O.	Kg	0.01	2.40	0.02

TOTAL: 1.78

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

Tabla E-12 Análisis de precios unitarios para costos de transporte de materiales.

DESCRIPCION	UNIDA D	COSTO TRANSP.	CANTIDA D	COSTO TOTAL
ENVASE PLASTICO 120 LTS	U		0.04	
ENVASE PLASTICO DE 20 LT	U		1.00	
ENVASE PLASTICO DE 500CC	U		1.00	
LECHUGA CRESPA	Kg		0.24	
MANGUERA 12mm	ML		0.40	
RESIDUOS DE CAÑA	KG	0.01	3.60	0.04
RUMEN DE GANADO BOVINO	Kg	1.00	0.04	0.04
TIERRA AGRICOLA BAJO EN CONTENIDO DE M. O.	Kg	0.01	2.40	0.02

			TOTAL:	0.10

Elaborado por: María Fernanda Garcés, 2014.

ANEXO F

FOTOGRAFÍAS

Materiales

Activación de microorganismos comerciales



Activación de microorganismos comerciales



Almacenamiento de EM-1



Microorganismos activados

Recolección de rumen bovino



Rumen bovino



Dilución de rumen con agua

Conteo de ufc de los Microorganismos eficientes



Microorganismos del rumen



Microorganismo comerciales

Recolección de residuos de caña de azúcar



Picado de los residuos de la caña de azúcar



Recolección de la azolla



Preparación de los tratamientos



Pesado de los materiales



Tratamientos

Aplicación de microorganismos eficientes



Almacenamiento de los tratamientos



Microorganismos durante el proceso de descomposición



Primera semana



Segunda semana



Tercera semana



Semanas siguientes



Tratamiento a2b1 durante la descomposición

Medición de temperaturas



Medición de pH



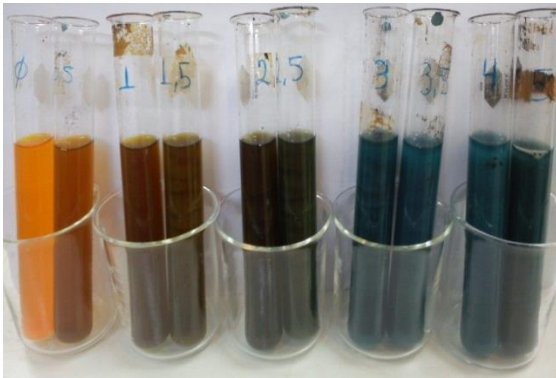
Medición de humedad



Cenizas



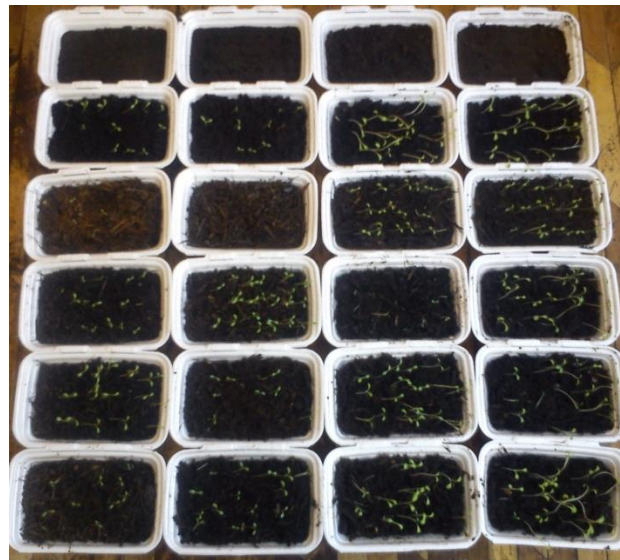
Medición de carbono total



Prueba del porcentaje de germinación



Semillas de lechuga



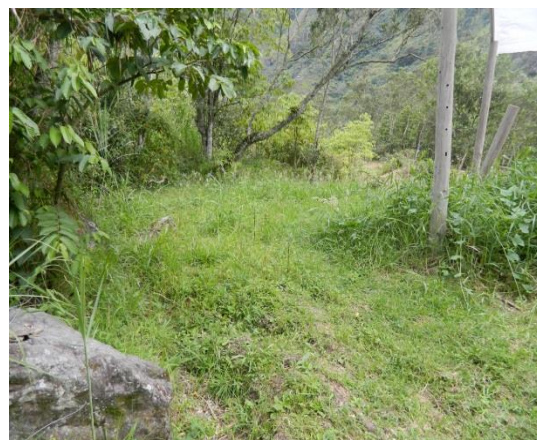
Semillas de lechuga germinadas.

PROPUESTA

Terreno donde se puede construir la compostera de residuos de caña de azúcar en el Parque la Familia de Baños de Agua Santa



Mapa del Parque de la familia de Baños de Agua Santa.



Área donde se podría implementar la elaboración del abono orgánico

ANEXO G

INFORMES DE LABCESTTA