



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



**TEMA**

---

**"Aplicación de *EMs* (bacterias acidolácticas; bacterias fototrópicas; hongos; levaduras) para la producción de compost a partir de los desechos sólidos generados en la etapa de descarte del proceso de curtiembre en la curtiduría Tabravi de la provincia de Tungurahua cantón Ambato".**

---

Trabajo de Investigación (Graduación), Modalidad: Trabajo estructurado manera independiente (TEMÍ), previo a la obtención del Título de Ingeniero en Bioquímica en la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato.

**Autora:** Maricela Llerena

**Ambato - Ecuador**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En calidad de tutor del trabajo de investigación (Graduación) sobre el tema: “APLICACIÓN DE *EMS* (BACTERIAS ACIDOLÁCTICAS; BACTERIAS FOTOTRÓPICAS; HONGOS; LEVADURAS) PARA LA PRODUCCIÓN DE COMPOST A PARTIR DE LOS DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA ETAPA DE DESCARNE DEL PROCESO DE CURTICIÓN EN LA CURTIDURÍA TABRAVI DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA CANTÓN AMBATO”, elaborado por la Egda. María Maricela Llerena Aguilar, de la Carrera de Ingeniería Bioquímica, de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Grado, que el Honorable Consejo Directivo designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Ambato, 2015

.....  
Ing. Alex Valencia  
**TUTOR DE TESIS**

## AUTORIA

El presente trabajo de investigación: “APLICACIÓN DE *EMs* (BACTERIAS ACIDOLÁCTICAS; BACTERIAS FOTOTRÓPICAS; HONGOS; LEVADURAS) PARA LA PRODUCCIÓN DE COMPOST A PARTIR DE LOS DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA ETAPA DE DESCARNE DEL PROCESO DE CURTICIÓN EN LA CURTIDURÍA TABRAVI DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA CANTÓN AMBATO”, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad de la autor.

Ambato, 2015

.....  
María Maricela Llerena Aguilar

180395960-8

**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

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

Los miembros del tribunal de grado aprueban el presente trabajo de graduación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, 2015

Para constancia firman:

.....  
Dra. Jacqueline Ortiz  
**Presidenta Tribunal**

.....  
Ing. Manolo Córdova  
**Miembro del tribunal**

.....  
Ing. Fernando Álvarez  
**Miembro del tribunal**

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo principalmente a mis padres, por haberme dado la vida y permitirme con su apoyo el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.*

*A mi esposo e hijo ya que con su cariño, motivación y amor han influido en mi vida para así lograr todos mis objetivos.*

*A mis hermanos que siempre estuvieron listos para brindarme toda su ayuda y a mis amigas por estar conmigo y apoyarme en todo momento.*

## **AGRADECIMIENTO**

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

*A mis docentes, que a lo largo de mi vida universitaria,  
me han transmitido sus amplios conocimientos.*

*A mis padres por apoyarme en los buenos y malos  
momentos.*

*Al Ingeniero Alex Valencia, tutor de tesis, por su valiosa  
guía y asesoramiento en la realización del trabajo de  
investigación.*

## INDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CAPITULO I .....	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 Tema de Investigación .....	1
1.2 Planteamiento del problema .....	1
1.2.1 Contextualización, Macro, Meso, Micro .....	2
1.2.2 Análisis crítico .....	4
Figura 1. Árbol de problemas (Relación Causa – Efecto) .....	4
1.2.3 Prognosis .....	5
1.2.4 Formulación del problema .....	5
1.2.5 Preguntas directrices.....	5
1.2.6 Delimitación.....	6
1.3 Justificación.....	6
1.4 Objetivos .....	7
1.4.1 Objetivo General:.....	7
1.4.2 Objetivos Específicos: .....	7
CAPITULO II .....	8
MARCO TEÓRICO .....	8
2.1 Antecedentes investigativos .....	8
2.2 Fundamentación filosófica .....	10
2.3 Fundamentación legal .....	10
2.4 Categorías fundamentales.....	12
Figura 2: Categorización de variables .....	12
2.4.1 Marco Teórico de la Variable Independiente:.....	13
2.4.2 Marco Teórico de la Variable Dependiente: .....	14
2.5 Hipótesis .....	18
2.5.1 Hipótesis Nula .....	18

2.5.2	Hipótesis alternativa .....	18
2.6	Señalamiento de variables .....	18
<b>CAPITULO III .....</b>		<b>19</b>
<b>METODOLOGIA .....</b>		<b>19</b>
3.1	Enfoque.....	19
3.2	Modalidad básica de la investigación.....	19
3.3	Nivel o tipo de investigación .....	20
3.4	Población y muestra .....	20
3.4.1	Diseño Experimental .....	20
Tabla 2:	Factores de estudio .....	21
3.5	Operacionalización de variables .....	22
Tabla 3:	Operacionalización de variable independiente: <i>EMs</i> .....	22
Tabla 4:	Operacionalización de variable dependiente: Compost .....	23
3.6	Recolección de información.....	24
3.7	Procedimiento .....	24
3.7.1	Preparación de los tratamientos .....	24
Tabla 5:	Peso de formulaciones .....	25
3.7.3	Análisis y Pruebas.....	26
<b>CAPITULO IV .....</b>		<b>29</b>
<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....</b>		<b>29</b>
4.1	Análisis de los Resultados.....	29
4.1.1	Caracterización .....	29
4.1.2	Análisis Físico - Químicos .....	29
4.1.3	Análisis Estadístico.....	34
4.1.4	Verificación de Hipótesis .....	37



CAPITULO V.....	38
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	38
5.1 Conclusiones.....	38
5.2 Recomendaciones.....	39
CAPITULO VI.....	41
PROPUESTA.....	41
6.1 Datos Informativos.....	41
6.2 Antecedentes de la propuesta.....	42
6.3 Justificación.....	43
6.4 Objetivos.....	43
6.4.1 Objetivo General.....	43
6.4.2 Objetivos Específicos.....	43
6.5 Análisis de Factibilidad.....	44
6.6 Fundamentación.....	44
6.7 Metodología.....	46
Tabla 7: Modelo Operativo (Plan de acción).....	46
6.8 Administración.....	47
Tabla 8: Administración de la propuesta.....	47
6.9 Previsión de la Evaluación.....	47
Tabla 9: Previsión de la Evaluación.....	47
Bibliografía.....	49
RESPUESTAS EXPERIMENTALES.....	52
Tabla A.1: Datos promedios de Temperatura (°C). .....	53
Tabla A.2: Datos promedios de pH. ....	54
Tabla A.3: Datos promedio de humedad (%). ....	55
Tabla A.4: Datos promedio de peso (kg).....	55
Tabla A.5: Datos promedio de UFC. ....	56
Tabla A.6: Datos promedio Carbono (%). ....	56

Tabla A.7: Datos promedio de Nitrógeno (%).....	57
Tabla A.8: Datos promedio de relación C/N. ....	57
Tabla A.9: Datos promedio de macro y micro nutrientes.....	58
Figura A.1: Valores promedio de temperatura. ....	58
Figura A.2: Valores promedio de pH. ....	59
Figura A.3: Valores promedio de humedad.....	59
Figura A.4: Valores promedio de peso.....	60
Figura A.5: Valores promedio de UFC. ....	60
Figura A.6: Valores promedio de carbono.....	61
Figura A.7: Valores promedio de nitrógeno.....	61
Figura A.8: Valores promedio relación C/N.....	62
<b>ANEXO B</b> .....	<b>63</b>
<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b> .....	<b>63</b>
Tabla B. 1: Análisis de varianza de temperatura. ....	64
Ecuación B 1: Cálculo de Dunnett para la temperatura .....	64
Tabla B. 2: Prueba de Dunnett con relación al testigo 1. ....	65
Tabla B. 3: Prueba de Dunnett con relación al testigo 2. ....	65
Tabla B. 4: Prueba de tukey al 0.05 de significancia.....	66
Tabla B. 5: Análisis de varianza de pH. ....	66
Ecuación B 2: Cálculo de Dunnett para el pH. ....	67
Tabla B. 6: Prueba de Dunnett con relación al testigo 1. ....	67
Tabla B. 7: Prueba de Dunnett con relación al testigo 2. ....	68
Tabla B. 8: Prueba de tukey al 0.05 de significancia.....	68
Tabla B. 9: Análisis de varianza de peso. ....	69
Ecuación B 3: Cálculo de Dunnett para el peso .....	69
Tabla B. 10: Prueba de Dunnett con relación al testigo 1. ....	70

Tabla B. 11: Prueba de Dunnett con relación al testigo 2. ....	70
Tabla B. 12: Prueba de tukey al 0.05 de significancia.....	70
Tabla B. 13: Análisis de varianza de UFC.....	71
Ecuación B 4: Cálculo de Dunnett para UFC. ....	71
Tabla B. 14: Prueba de Dunnett con relación al testigo 1. ....	72
Tabla B. 15: Prueba de Dunnett con relación al testigo 2. ....	72
Tabla B. 16: Prueba de tukey al 0.05 de significancia.....	72
Tabla B. 17: Análisis de varianza de Carbono. ....	73
Ecuación B 5: Cálculo de Dunnett para carbono.....	73
Tabla B. 18: Prueba de Dunnett con relación al testigo 1. ....	74
Tabla B. 19: Prueba de Dunnett con relación al testigo 2. ....	74
Tabla B. 20: Prueba de tukey al 0.05 de significancia.....	74
Tabla B. 21: Análisis de varianza de Nitrógeno.....	75
Ecuación B 6: Cálculo de Dunnett para nitrógeno.....	75
Tabla B. 22: Prueba de Dunnett con relación al testigo 1. ....	76
Tabla B. 23: Prueba de Dunnett con relación al testigo 2. ....	76
Tabla B. 24: Prueba de tukey al 0.05 de significancia.....	76
Figura B.1: Determinación del mejor tratamiento (Temperatura).....	77
Figura B.2: Determinación del mejor tratamiento (pH). ....	77
Figura B.3: Determinación del mejor tratamiento (Peso).....	78
Figura B.4: Determinación del mejor tratamiento (UFC). ....	78
Figura B.5: Determinación del mejor tratamiento (Carbono). ....	79
Figura B.6: Determinación del mejor tratamiento (Nitrógeno). ....	79

ANEXO C .....	80
ESTUDIO ECONÓMICO .....	80
Tabla C.1: Gastos de Materiales Directos e Indirectos. ....	81
Tabla C.2: Gastos de equipos .....	81
Tabla C.3: Gastos de Suministros. ....	81
Tabla C.4: Gastos del Personal. ....	82
Tabla C.5: Costos de Producción. ....	82
ANEXO D .....	83
FUNDAMENTACIÓN LEGAL .....	83
FOTOGRAFÍAS .....	90
Foto E.1. Residuos del proceso de descarte.....	91
Foto E.2. Residuos de brócoli. ....	91
Foto E.3. Activación de Microorganismos. ....	92
Foto E.4. Activación de Microorganismos. ....	92
Foto E.5. Peso de residuos.....	93
Foto E.6. Preparación de tratamientos.....	93
Foto E.7. Preparación de tratamientos.....	94
Foto E.8. Tratamientos preparados. ....	94

## RESUMEN EJECUTIVO

Se estudiaron 6 tratamientos con el fin de determinar la posibilidad de convertir desechos sólidos generados en la etapa de descarte del proceso de curtiembre en compost. Los factores de estudio fueron: concentración de microorganismos y tiempo.

Se aplicó un diseño de bloques con arreglo factorial ( A \* B ) + 2, con dos repeticiones. Se utilizó el programa Infostat para el cálculo de análisis de varianza con un nivel de 5% de significancia, para comparar los tratamientos con las muestras testigos se aplicó la prueba de Dunnett.

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante la aplicación de los análisis estadísticos, el tratamiento  $a_2b_1$  que hace referencia a una concentración de 25% de microorganismos eficientes y 45 días de prueba fue el más óptimo, ya que obtuvo mayor incremento de temperatura, la variable pH fue significativo en todo el proceso de compostaje con un promedio de 7,7 al final del proceso; se controló la humedad en un rango del 40 al 70% en todos los tratamientos; las unidades formadoras de colonias se desarrollaron en un 5%, la relación C/N fue de 1:1 llegando a incrementar la misma en un 5:1. Sin embargo para la variable peso el desarrollo de microorganismos influye directamente logrando reducir el material en un 80%.

El mejor tratamiento (  $a_2b_1$ ), presentó una diferencia significativa con relación al testigo en todos los parámetros de estudio, por mantener condiciones óptimas en función del tiempo, los resultados de macro y micronutrientes generados fueron C 1,73 %; N 0.34%; C/N 5:1; (P 498,02; K 1010,25; Ca 2629,4; Mg 5630,6; Fe 10325,15; Cu 7,01; Mn 125,06; Zn 19,14;)mg/kg.

## **CAPITULO I**

### **EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1 Tema de Investigación**

Aplicación de *EMs* (bacterias acidolácticas; bacterias fototrópicas; hongos; levaduras) para la producción de compost a partir de los desechos sólidos generados en la etapa de descarte del proceso de curtiembre en la curtiembre Tabravi de la provincia de Tungurahua cantón Ambato.

#### **1.2 Planteamiento del problema**

En el Ecuador existe carencia de tratamientos de desechos sólidos orgánicos generados en los diferentes procesos de curtiembre, por ello se pretende concientizar a las personas dedicadas a esta labor que es importante un tratamiento previo a la disposición de los mismos, ya que debido a la cantidad de químicos que emplean en su trabajo ha provocado una excesiva contaminación específicamente al suelo, aire, agua entre otros.

Esta investigación formula técnicas que tienden a regular ciertos parámetros del material antes de su eliminación, mediante la utilización de un coctel de microorganismos tales como: Bacterias acidolácticas, bacterias fototrópicas, hongos, levaduras.

Con el fin de cumplir con las exigencias de entidades preservadoras del ambiente, se intenta adquirir un material que pueda ser dispuesto en un relleno sanitario sin problema alguno o al medio ambiente.

### **1.2.1 Contextualización, Macro, Meso, Micro**

En el Ecuador son exiguos los proyectos de tratamientos a partir de residuos sólidos de curtiembres, hoy en día se hace necesario entender la importancia de cuidar el medio ambiente debido a los daños causados, y a la intervención de entidades creadas para preservar el mismo, siendo prioridad en todos los países buscar procesos amigables con el entorno.

Tungurahua es la provincia que más curtiembres posee en el país ocupa el primer lugar con 39 empresas legales equivalente a un 75%. (Chávez, 2004)

El cantón Ambato se ubican la mayor cantidad de empresas dedicadas a procesar cueros las mismas que deben implementar plantas de tratamiento para remediar los afluentes tóxicos que contamina el ambiente. Las autoridades municipales trabajan en la nueva planificación de la ciudad, en la cual pretende crear centros industriales, ubicados en zonas que serán definidas a través de la actualización del Plan de Ordenamiento Territorial (POT), para minimizar la contaminación. (La hora, 2012)

El compostaje de residuos sólidos de pieles curtidas utilizando microorganismos aerobios, es una solución adecuada para las pequeñas y medianas empresas dedicadas al procesamiento de cueros, dada su simplicidad tecnológica y sus bajos costos de inversión.

El compostaje, consiste en un proceso biológico, que se efectúa en condiciones aeróbicas, con suficiente humedad y que asegura una desintegración higiénica de los restos orgánicos altamente asimilable por el suelo. (Abarataldea, 2005)

Los beneficios son:

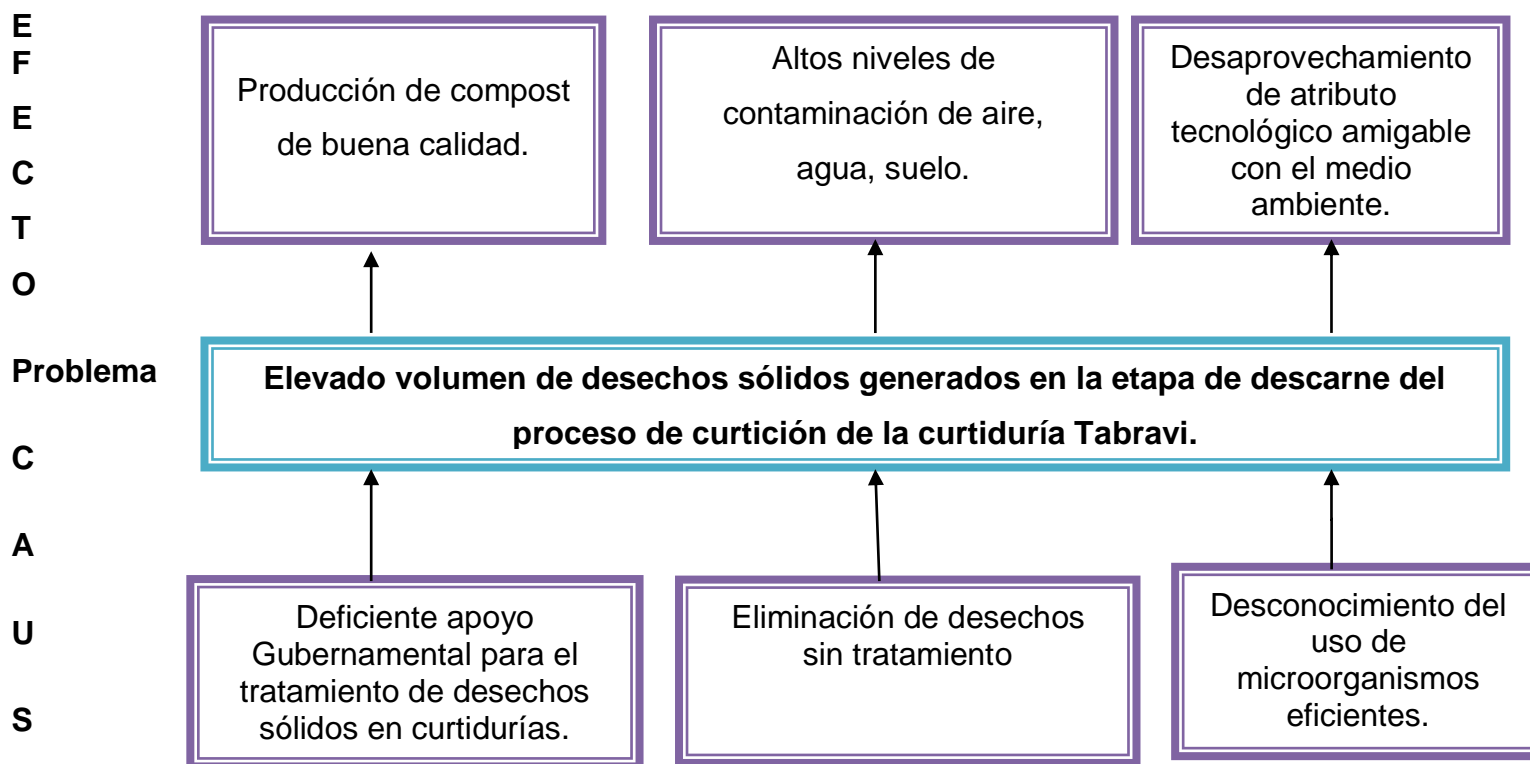
- Reciclaje de los residuos orgánicos, evitando por un lado la contaminación y reduciendo el costo de otros fertilizantes.
- Mejora las propiedades físicas del suelo y lo hace más manejable.

- Retiene en mayor cantidad la humedad del suelo.
- Aporta organismos (bacterias) capaces de transformar los materiales insolubles del suelo en alimento para las plantas.
- Aumenta el rendimiento de los cultivos
- Protección contra la erosión. (FAO, 2012)



### 1.2.2 Análisis crítico

Figura 1. Árbol de problemas (Relación Causa – Efecto)



A **Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Figura 1:** El abono orgánico se elaboró a base de los desechos de descarte del proceso de curtición el mismo permitirá contribuir con la minimización del excesivo desecho que es generado, mediante tratamientos estos desechos alcanzaron parámetros óptimos que los microorganismos necesitan para desarrollarse y efectuar sus funciones, por ende ayudaron a transformar los desechos en material asimilable. Por otra parte favorecerá al suelo ya que aportará significativamente nutrientes, utilizando una metodología de bajo costo.

### **1.2.3 Prognosis**

Si la Curtiduría “TABRAVI” no realiza un tratamiento de los desechos generados en la etapa de descarte del proceso de curtición, las entidades conservadoras de ambiente aplicarán la sanción pertinente, la cual estará perjudicando a la misma; ya que se generará multas económicas y por ende disminución en la utilidad de la empresa generando una inestabilidad en la organización.

En el caso de la Curtiduría “TABRAVI” la poca implementación de tecnología y metodologías adecuadas influyen directamente para generar desechos de todo tipo; los cuales siguen siendo dispuestos en vertederos, ríos, rellenos sanitarios en grandes cantidades contribuyendo de una manera importante a la contaminación del aire, agua, suelo, causando efectos secundarios a la sociedad.

### **1.2.4 Formulación del problema**

¿Elevado volumen de desechos sólidos generados en la etapa de descarte del proceso de curtición de la Curtiduría Tabravi.?

### **1.2.5 Preguntas directrices**

¿Cómo influirá la adición de *EMs* en la producción de compost?

¿Cuáles serán las características químicas y microbiológicas que

presentaran los desechos generados del proceso de descarte?

¿Cuál será la dosis microbiana adecuada a suministrar al desecho?

¿Cuál será el tiempo óptimo de transformación de los desechos sólidos?

### **1.2.6 Delimitación**

**Área:** Biotecnología

**Sub- área:** Bioprocesos

**Aspecto:** Compostaje

**Temporal:** La Investigación se llevara a cabo desde julio del 2014 - Diciembre 2014.

**Espacial:** El desarrollo experimental de la investigación se lo llevará a cabo en el Laboratorio de Investigación y Análisis Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato (LIAA - GADMA).

### **1.3 Justificación**

El propósito de la investigación es resolver un problema latente, según datos obtenidos de instituciones importantes se dice que existe una descomunal cantidad de desechos orgánicos generados en curtiembres dispuestos en lugares no permitidos que contaminan el aire mediante la emanación de gases, el agua por los lixiviados formados de la descomposición del material, el suelo por la cantidad elevada de químicos que utilizan en el proceso de curtición. Es posible y necesario elaborar un abono orgánico a base de desechos de la etapa del descarte ayudado por microorganismos para acelerar el proceso de transformación, es factible producir un abono con este material ya que primero ayudara a reducir la cantidad de material, segundo minimizara la contaminación, tercero se podrá suministrara al suelo.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General:**

- Inocular *EMs* (bacterias acidolácticas, bacterias fototrópicas, hongos, levaduras) para transformar la materia orgánica en compost a partir de los desechos sólidos generados en la etapa de descarte del proceso de curtiembre.

### **1.4.2 Objetivos Específicos:**

- Evaluar el efecto de los microorganismos (bacterias acidolácticas, bacterias fototrópicas, hongos, levaduras) en la producción de compost.
- Analizar las características químicas y microbiológicas en el abono orgánico.
- Determinar la dosis adecuada y el tiempo óptimo requerido para la transformación de desechos sólidos en compost.
- Proponer una metodología para producir compost a partir de los desechos sólidos generados en el proceso de curtiembre.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes investigativos**

El tratamiento aerobio de los residuos libres de cromo de curtiembres e industrias de cuero puede ser solución para las PYMEs (Pequeñas y medianas Empresas) en los países en vías de desarrollo, mediante el compostaje de las fracciones sin cromo recogidas separadamente (descarne, piel partida no usada y virutas sin cromo), estas podrían ser empleadas para la producción de fertilizantes de bajo coste en países en vías de desarrollo, a la vez que se evita la ocupación de espacio en vertederos.

A partir de los diferentes tipos de residuos generados en el proceso de curtido, es posible obtener tipos y calidades de compost muy diversas, cuando estos se emplean como sustratos para compostaje. (Méndez R. , 2007)

Los principales componentes de las carnazas son: agua, proteínas. Grasas y sales minerales. Las proteínas están formadas, en su mayor parte, por fibras de colágeno y elastina; los sebos son triglicéridos de ácidos grasos sólidos de tipo palmítico y esteárico y ácidos grasos líquidos tipo ácido oleico, y las sales sulfúricas, algo de cloruro sódico e hidróxido cálcico, aparte de otros productos que se hayan podido añadir en el pelambre, según la procedencia de los cueros pueden variar considerablemente las proporciones de estos compuestos en las carnazas.

La conversión en compost de los residuos orgánicos es una técnica conocida y de fácil aplicación, que permite tratar de manera racional, económica y segura, la descomposición biológica, en condiciones controladas, aerobias y termófilas, de residuos orgánicos. (Gutiérrez, 2008)

El compostaje aerobio, se caracteriza por el predominio de los metabolismos respiratorios aerobios y por la alternancia de etapas mesotérmicas (10-40°C) con etapas termogénicas (40-75°C), y con la participación de microorganismos mesófilos y termófilos respectivamente. Las elevadas temperaturas alcanzadas, son consecuencia de la relación superficie volumen de las pilas o camellones y de la actividad metabólica de los diferentes grupos fisiológicos participantes en el proceso.

Durante la evolución del proceso se produce una sucesión natural de poblaciones de microorganismos que difieren en sus características nutricionales (quimioheterótrofos y quimioautótrofos), entre los que se establecen efectos sintróficos y nutrición cruzada. (Chávez, 2004)

La bioaumentación implica incorporar nuevos microorganismos que pueden haber sido previamente aislados a partir del propio material sometido a compostaje o de cualquier otra fuente. Esta operación puede mejorar la conversión de los sustratos orgánicos, reducir reacciones indeseables como la generación de malos olores, o incrementar actividades degradativas durante procesos de biodescontaminación. Existen numerosas propuestas de inoculantes que se incorporan al inicio del proceso o en alguna etapa del mismo. (Moreno, 2007)

## 2.2 Fundamentación filosófica

La investigación se enfoca en establecer nuevas tecnologías que minimicen la contaminación ambiental, las cuales sirvan para solucionar problemas latentes con eficiencia y a bajo costo, a más de representar una alternativa para fomentar la reutilización de desechos orgánicos producidos por las teneorías. Por ello, este estudio se consideró empírico analítico ya que se procede en base a la experimentación y la observación de los hechos, analizando cada una de las partes constituyentes del tema. Se basó en el método hipotético deductivo para su realización el mismo que es un esquema que se caracteriza por ser:

**Empírico teórico:** Es teórico porque requiere de la teoría para iniciar y conducir el proceso de la investigación, pero a la vez es empírico porque son los hechos su objeto de estudio.

**Inductivo y deductivo:** Va de lo particular a lo general (inducción), pues estudia determinados hechos y luego concluye formulando leyes universales y, al contrario, otras veces busca la verificación y aplicación de dichas leyes a los casos particulares (deducción).

**Analítico:** Procede mediante la clasificación y la descomposición de los objetos, fenómenos o hechos en todas sus partes o aspectos componentes para así estudiarlos y buscar las relaciones entre dichas partes. (Hurtado, 2007)

## 2.3 Fundamentación legal

La investigación está enmarcada dentro la Ley de Gestión Ambiental el cuerpo legal específico más importante en el ámbito de la protección ambiental en el país. Esta ley está relacionada directamente con la prevención, control y sanción a las actividades contaminantes a los recursos naturales y establece las directrices de política ambiental, así como crea obligaciones, influye a la participación de sectores públicos y privados en

preservar el medio ambiente y señala los límites permitidos, controles y sanciones, se considera como fundamentación los siguientes artículos:

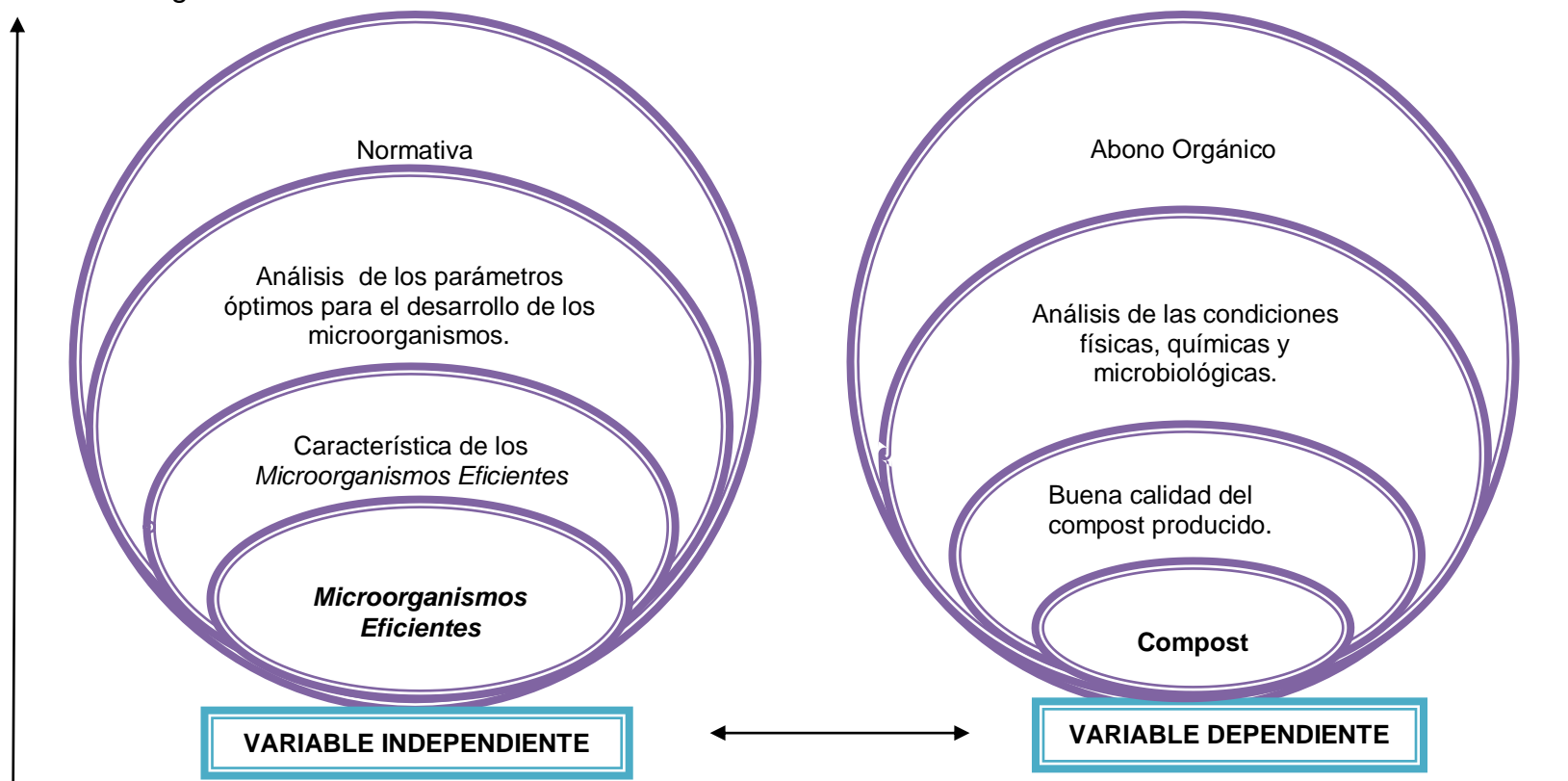
Art. 1.- La presente Ley establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia.

Art. 2.- La gestión ambiental se sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y respecto (sic) a las culturas y prácticas tradicionales.  
(Congreso Nacional, 1999)



## 2.4 Categorías fundamentales

Figura 2: Categorización de variables



Elaborado por: Maricela Llerena, 2015

## 2.4.1 Marco Teórico de la Variable Independiente:

### Microorganismos Eficientes (*EMs*)

Es un cultivo mixto de microorganismos benéficos, obtenidos de ecosistemas naturales y seleccionados por sus efectos positivos en los cultivos.

**Bacterias fotosintéticas:** Son un grupo de microorganismos que sintetizan sustancias útiles (aminoácidos, ácidos nucleicos, compuestos bioactivos y azúcares), a partir de las secreciones de las raíces y la materia orgánica, promoviendo el crecimiento y desarrollo de las plantas.

**Bacterias acidolácticas:** Producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos, causados por bacterias fotosintéticas y levaduras. Este ácido, es un compuesto que controla microorganismos dañinos y ayuda a la desintegración de la materia orgánica. (Haro, 2014)

**Levaduras:** Sintetizan tanto sustancias antimicrobiales, como compuestos útiles para el crecimiento de las plantas, partiendo de aminoácidos y azúcares (secretados por las bacterias fotosintéticas), así como de materia orgánica. (Webmaster, 2009)

### Características de *EMs*

Los microorganismos eficientes se caracterizan por:

- Preparar, optimizar la estructura y anexión de las partículas, reducen la erosión, aumentan la porosidad, mejora la retención de agua.
- Ayudan en la solubilización de nutrientes mejorando la absorción de los mismos.
- Eliminan o controlan las poblaciones de microorganismos patógenos, incrementan la biodiversidad microbiana, mejoran condiciones del medio para la propagación de los mismos. (Silva,

2009)

### **Parámetros óptimos de *EMs***

Los microorganismos aerobios necesitan oxígeno para su desarrollo, mientras que los anaerobios no, y los que crecen en ausencia o en presencia de oxígeno son facultativos.

La temperatura óptima para propagación de la mayoría de microorganismos esta entre (14 y 40) °C; los *EMs* tienen géneros que proliferan en rangos de temperatura como: termófilos, mesófilos y psicrófilos. (Nutrición personalizada, 2010)

La humedad es un factor intrínseco que es influenciado por la temperatura, todos los microorganismos poseen un requerimiento de agua entre el 40 y 70%, para la propagación y actividad.

El pH para el crecimiento óptimo de la mayoría de microorganismos está cercano a la neutralidad pH 6,6 a 7,5, la variación hostil afecta dos aspectos de la célula microbiana: el transporte de nutrientes y el funcionamiento.

La mayoría de microorganismos para su proliferación necesita fuentes de nitrógeno, energía, minerales, y factores de crecimiento. (Nutrición personalizada, 2010)

### **2.4.2 Marco Teórico de la Variable Dependiente:**

#### **Compost**

Velasteguí (2005) sostiene que el compost es el resultante de procesos de digestión microbiológica de materiales de origen vegetal y/o animal al grado de que su estado y entrega de nutrientes (mineralización) sean adecuados para enriquecer los suelos agrícolas, sustento fundamental para el crecimiento y producción de las plantas.

## **Calidad de compost**

La calidad de compost es difícil de precisar ya que ha de tener en cuenta múltiples aspectos y, además, puede ser siempre muy intrínseco. Se debería considerarse la calidad del compost a partir de aquellas características que resulten de aplicar un tratamiento respetuoso con el medio ambiente. La calidad del compost viene determinada por la suma de las distintas propiedades y características. (Soliva & Marga, 2004)

En el Anexo D se encuentra los artículos utilizados de la normativa chilena 2880, para establecer la calidad de compost elaborado a partir de desechos sólidos de curtiembre.

## **Condiciones físico químico y microbiológico**

El proceso de compostaje está basado en la actividad de microorganismos, ya que son ellos los encargados de descomponer la materia orgánica. Para que estos perduren y puedan realizar su actividad con la máxima eficiencia, requieren de condiciones óptimas de humedad, pH, nutrientes, temperatura, y aireación. (Espinosa, 2011)

## **Temperatura**

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

## **Humedad**

La humedad es un parámetro estrechamente vinculado a los microorganismos, ya que, como todos los seres vivos, usan el agua como medio de transporte de los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular. La humedad óptima para el compost se sitúa alrededor del 55%, aunque varía dependiendo del estado físico y tamaño de las partículas, así como del sistema empleado para realizar el compostaje. Si la humedad baja por debajo de 45%, disminuye la actividad microbiana, sin dar tiempo a que se completen todas las fases de degradación, causando que el producto obtenido sea biológicamente inestable. Si la humedad es demasiado alta (>60%) el agua saturará los poros e interferirá la oxigenación del material. (FAO, 2013)

## **pH**

El pH es un parámetro importante en el compostaje debido a la influencia directa en los procesos microbianos. El pH presenta tres fases, durante la fase mesófila inicial se observa una disminución de pH debido a la acción de los microorganismos sobre la materia orgánica más lábil, produciéndose una liberación de ácidos orgánicos. En una segunda fase se produce una progresiva alcalinización del medio, debido a la pérdida de los ácidos orgánicos y la generación de amoníaco procedente de la descomposición de las proteínas. Y en la tercera fase el pH tiende a la neutralidad debido a la formación de compuestos húmicos que tienen propiedades tampón. (Moreno, 2007)

## **Nutrientes**

Los nutrientes son indispensables para el crecimiento microbiano, en el compost es fundamental que haya un balance entre C/N que son macronutrientes importantes para la desintegración de las partículas.

Los microorganismos usan el carbono para el proceso de oxidación metabólica, convierten en bióxido de carbono un porcentaje, y el resto lo

combinan con nitrógeno para el desarrollo de células. Cuando el carbono se quema es cuando se eleva la temperatura y a eso se debe que se reduzca el volumen de la materia durante el compostaje. El nitrógeno es necesario para el crecimiento de las células, cuando hay exceso del mismo se libera como amoníaco y cuando hay escasez se retarda el compostaje. La relación óptima es de 19 a 30 partes de carbono por una de nitrógeno, cuando esta relación es mayor se retarda el compostaje y se genera un olor desagradable, pero si la relación es menor, los microorganismos se terminan el carbono y dejan ir el nitrógeno como amoníaco. (Cesta, 2010)

### **Aireación**

El oxígeno es elemento esencial para la descomposición aeróbica y la supervivencia de la microbiota de la compost. Cuando falta oxígeno en la mezcla, mueren los organismos aeróbicos y comienza una descomposición anaerobia. Para asegurar la suficiencia de oxígeno, es necesario airear la mezcla. Esto se puede lograr de varias maneras: incluyendo partículas de varios tamaños que generan bolsas o túneles de aire (aireación natural, volteando o revolviendo el compost (aireación mecánica) o introduciendo tubería a la mezcla. (Rodríguez, 2006)

### **Abono orgánico**

Se entiende por abono orgánico todo material de origen orgánico descompuesto antes de su aplicación en el suelo. (FAO, 2002)

Los abonos orgánicos son producto cuya función es aportar nutrientes para las plantas, que se obtiene de materiales carbonados de origen animal o vegetal. (Salazar, 2014)

## **2.5 Hipótesis**

### **2.5.1 Hipótesis Nula**

La aplicación de *EMs*, no influye en el proceso de descomposición del desecho sólido generado en la etapa de descarte.

### **2.5.2 Hipótesis alternativa**

La aplicación de *EMs*, influye en el proceso de descomposición del desecho sólido generado en la etapa de descarte.

## **2.6 Señalamiento de variables**

### **Variable independiente**

*EMs*

### **Variable dependiente**

Compost

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA**

#### **3.1 Enfoque**

EL trabajo fue tanto cuantitativo como cualitativo porque emplea recolección y el análisis de datos, confía en la medición numérica, el conteo y usualmente en la utilización de elementos estadísticos para poder establecer patrones de comportamiento de una población estudiada teniendo como objetivo la descripción de las cualidades que presenta la elaboración de compost en función del tiempo.

#### **3.2 Modalidad básica de la investigación**

En esta investigación se usó la modalidad de tipo Bibliográfica y Experimental.

##### **Bibliográfica**

Fue Bibliográfica ya que se utilizó distintos medios de consulta que facilitaran el desarrollo de la investigación como: internet, libros, revistas, etc.

##### **Experimental**

Experimental ya que durante la elaboración del compost se efectuó un seguimiento a ciertas características químicas, físicas y microbiológicas en función del tiempo, también se estudió el producto terminado, micronutrientes, macronutrientes, al igual que microbiológico, para denotar las características finales por ende la calidad del compost.



### 3.3 Nivel o tipo de investigación

El tipo de investigación es evaluativa y descriptiva.

**Evaluativa** porque proporciona una metodología rigurosa, que es imprescindible para la correcta selección e incorporación de nuevas técnicas y tecnologías. Evidencia el desarrollo de resultados alcanzados. (Abad, 1997)

**Descriptiva** porque nos permite determinar la concepción del porque se realiza el estudio bajo los parámetros de quién, dónde, cuándo, cómo. (Naghi, 2005)

### 3.4 Población y muestra

En este caso de investigación los baldes de compost fueron la población, por consiguiente las pequeñas cantidades tomadas para análisis de cada uno de los mismos fueron la muestra. Los análisis se realizaron a cada muestra tomada con el fin de establecer el mejor tratamiento.

#### 3.4.1 Diseño Experimental

El diseño experimental que se utilizó en este trabajo fue un diseño de bloques con arreglo factorial (A x B) + 2, denotando como factores A: Concentración de microorganismos, B: Tiempo; estableciendo así un total de 18 tratamientos más 2 testigos con dos replicas, de tres kilogramos cada uno.

#### Modelo Matemático.

$$E_{c1}: Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + R_k + E_{ijk}$$

**Dónde:**

$\mu$  = 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: Concentración (3\*2)**

$a_0$ : Concentración 15%

$a_1$ : Concentración 20%

$a_2$ : Concentración 25%

**Factor B: Tiempo de aplicación microorganismos eficientes (EMs)**

$b_0$ : 30 días

$b_1$ : 45 días

**Tabla 2: Factores de estudio**

Tratamientos Número	Factores de estudio		
	Código	Concentración de EMs Factor A	Tiempo Factor B
1	$a_0b_0$	Concentración 15%	30 días
2	$a_0b_1$	Concentración 15%	45 días
3	$a_1b_0$	Concentración 20%	30 días
4	$a_1b_1$	Concentración 20%	45 días
5	$a_2b_0$	Concentración 25%	30 días
6	$a_2b_1$	Concentración 25%	45 días
7	Testigo 1	Concentración 0%	30 días
8	Testigo 2	Concentración 0%	45 días

Elaborado por: Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla 2:** Establece las diferentes combinaciones correspondientes a cada tratamiento.

### 3.5 Operacionalización de variables

Tabla 3: Operacionalización de variable independiente: *EMs*

CONCEPTUALIZACION	CATEGORIA	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p><b><i>EMs</i></b></p> <p>Coctel de microorganismos que aceleran el proceso de transformación de la materia bajo parámetros establecidos en función de propiedades físico químicas que poseen.</p>	<p>Microorganismos eficientes</p> <p>Diferentes concentraciones de microorganismos</p>	<p>Tiempo de desintegración de la materia orgánica</p> <p>Concentración (%)</p>	<p>Degradación de la materia orgánica</p> <p>Compost de mejor calidad</p>	<p>Fuentes bibliográficas</p> <p>Experimentación</p> <p>Recuento de colonias en placa.</p>

Elaborado por: Maricela Llerena, 2015

**Tabla 4: Operacionalización de variable dependiente: Compost**

CONCEPTUALIZACION	CATEGORIA	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p><b>Compost</b></p> <p>Es el resultado de procesos de digestión microbiológica de materiales de origen vegetal y/o animal al grado d que su estado entregue nutrientes adecuados para enriquecer suelos.</p>	<p>Humedad</p> <p>Temperatura</p> <p>pH</p> <p>Macro y micro nutrientes</p>	<p>Humedad: 40 a 70%</p> <p>Temperatura: 16 a 70°C</p> <p>pH: 6 a 8</p> <p>Carbono</p> <p>Nitrógeno</p> <p>Fosforo</p> <p>Potasio</p> <p>Calcio</p> <p>Magnesio</p> <p>Cobre</p> <p>Hierro</p> <p>Zinc</p> <p>Manganeso</p>	<p>Análisis físico químicos</p> <p>Elevada cantidad de nutrientes en el compost</p>	<p>Higrómetro</p> <p>Termómetro</p> <p>pH-metro</p> <p>Carbono: Método APHA 2000.</p> <p>Nitrógeno: Método KjedahI.</p> <p>Fosforo: Método AOAC 957.02</p> <p>Potasio: Método espectrofotométrico de absorción atómica, previa extracción del potasio con agua destilada.</p> <p>Calcio: Método de Morgan modificado.</p> <p>Magnesio: Método de Morgan modificado.</p> <p>Cobre: Método de Mehlich.</p> <p>Hierro: Método de Mehlich.</p> <p>Zinc: Método de Mehlich.</p> <p>Manganeso: Método de Mehlich</p>

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

### **3.6 Recolección de información**

Esta investigación abarco dos tipos de recolección de información:

**Información primaria:** porque la información se recolecta directamente a través del contacto directo con el objeto de estudio, con la realidad de los hechos.

**Información secundaria:** porque la información se recolecta de estudios anteriores tales como: libros, revistas especializadas, informes técnicos, memorias de eventos científicos, tesis de grado, etc.

### **3.7 Procedimiento**

El compostaje es un proceso biológico, que bajo el control de ciertos parámetros, transforma los residuos sólidos en abono orgánico, para el cual se utilizó: desechos de brócoli y desechos de descarte del proceso de curtición que es la materia prima, *EMs* que fueron los encargados de acelerar el proceso de transformación de la materia, sustrato melaza.

#### **3.7.1 Preparación de los tratamientos**

##### **Activación de los microorganismos**

Para llevar a cabo la preparación de tratamientos, primero se activo los microorganismos eficientes (*EMs*).

Se mezcló 1 litro de microorganismos eficientes, 1 litro de melaza y 18 litros de agua la misma que por ser agua tratada con cloro, antes de usarla, fue necesario colocarla en un recipiente abierto y exponerla a la luz por 24 horas. La mezcla se depositó en un envase limpio y herméticamente cerrado durante 7 días, dejando escapar los gases por medio de una manguera que se colocó en la tapa del recipiente.

Se recolectó los desechos de brócoli y de carnaza, para luego ser cortados en pequeños trozos y fueron colocados en baldes destinados para la

elaboración de abono orgánico, se realizó volteos periódicamente para oxigenar la materia orgánica ya que los microorganismos que se utilizó son aerobios y necesitan oxígeno para cumplir sus funciones de degradación de los desechos.

Para dotar a cada uno de los tratamientos y sus réplicas de los materiales necesarios según las formulaciones utilizó una balanza.

**Tabla 5: Peso de formulaciones**

<b>Número</b>	<b>Código</b>	<b>Formulación</b>
<b>1</b>	<b>a<sub>0</sub>b<sub>0</sub></b>	15% de Microorganismos
		1 kg de brócoli
		2 kg de carnaza
<b>2</b>	<b>a<sub>0</sub>b<sub>1</sub></b>	15% de Microorganismos
		1 kg de brócoli
		2 kg de carnaza
<b>3</b>	<b>a<sub>1</sub>b<sub>0</sub></b>	20% de Microorganismos
		1 kg de brócoli
		2 kg de carnaza
<b>4</b>	<b>a<sub>1</sub>b<sub>1</sub></b>	20% de Microorganismos
		1 kg de brócoli
		2 kg de carnaza

5	$a_2b_0$	25% de Microorganismos
		1 kg de brócoli
		2 kg de carnaza
6	$a_2b_1$	25% de Microorganismos
		1 kg de brócoli
		2 kg de carnaza
7	Testigo 1	0% de Microorganismos
		1 kg de brócoli
		2 kg de carnaza
8	Testigo 2	0% de Microorganismos
		1 kg de brócoli
		2 kg de carnaza

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla 5:** Establece las concentraciones inoculadas a cada tratamiento a igual que el peso de los componentes.

### 3.7.3 Análisis y Pruebas

#### Temperatura

La Temperatura se midió in situ cada tres días, debido a la variación que presenta el material en descomposición, se colocó el termómetro en cada uno de los tratamientos y una vez estabilizada la lectura se tomó el

dato de temperatura. (Ver Anexo A, Tabla A1)

### **pH**

Los valores de pH se lo obtuvieron una vez por semana hasta concluir con la elaboración del abono, de cada uno de los tratamientos se tomó 10 gr de muestra y se mezclaron con 50 ml de agua destilada se mantuvo en agitación por unos minutos; una vez estabilizada la lectura se consideró el dato. (Ver Anexo A, Tabla A2)

### **Humedad**

Los datos de humedad también se tomaron cada semana, midiendo directamente en el material sometido a investigación. (Ver Anexo A, Tabla A3)

### **Peso**

El valor de desintegración de la materia se obtuvo de la diferencia del peso inicial menos el final. (Ver Anexo A, Tabla A4)

### **Unidades formadoras de colonias**

El cálculo microbiológico se realizó mediante el crecimiento y recuento de los microorganismos presentes en el abono. Se tomaron muestras de cada uno de los tratamiento, se prepararon diluciones con agua potable estéril se realizó una dilución de  $1 \times 10^5$  y se sembraron 0.5  $\mu$ l en medio nutritivo estéril, se incubaron los microorganismos a 28°C. Una vez cumplido el período de incubación se contaron las placas y se determinó el número de UFC / gr. (Ver Anexo A, Tabla A5)

### **Carbono Orgánico total**

Los datos se obtuvieron una vez por semana, se lo realizó por medio de fotometría a una longitud de onda de 586 nm. (Ver Anexo A, Tabla A6)



### **Nitrógeno total**

El método utilizado para la obtención de nitrógeno total fue el de kjedahl.(Ver Anexo A, Tabla A7)

### **Relación Carbono / Nitrógeno**

Los datos obtenidos de carbono se dividieron a los datos de nitrógeno que poseía cada tratamiento, para obtener la relación C/N. Ver Anexo A, Tabla A8)

### **Macro y micro nutrientes**

La identificación de nutrientes se lo realizó en el Laboratorio de investigación de Análisis Ambiental del GAD Municipalidad de Ambato (LIAA – GADMA), se estableció las cantidades de P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn y Cu. (Ver Anexo A, Tabla A9)

## CAPITULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Análisis de los Resultados

##### 4.1.1 Caracterización

Se realizó la caracterización del compost en torno a los análisis establecidos en el diseño experimental tanto a tiempo cero como a los establecidos como factor de estudio ( Anexo A).

Las muestras elaboradas con desechos sólidos del proceso de curtición, brócoli, y diferentes concentraciones de *Ems* activados registraron valores de temperatura iniciales entre 17 y 17,6 °C, pH alrededor de 12,9, la humedad fluctuó entre el rango 44,8 y 65,8%, el porcentaje de carbono varia de 0,17 a 0,18 mientras que el nitrógeno osciló de 0,14 a 0,62 % dando como resultado de la relación carbono nitrógeno 5:1 y un peso total de 3 kilogramos por muestra.

Los resultados obtenidos de los análisis físicos químicos iniciales no presentan diferencia significativa entre las muestras analizadas, ya que los tres tratamientos tienden a variar en función del tiempo, de acuerdo a Méndez R. , (2007), indica que se obtiene compost entre los 20 – 45 días.

##### 4.1.2 Análisis Físico - Químicos

Los resultados obtenidos a través del tiempo de estudio se registran en el Anexo A.

## **Temperatura**

De acuerdo a la Figura A1 del Anexo A se puede establecer que todos los tratamientos variaron con relación al testigo, el tratamiento con menor rango de temperatura fue  $a_0b_0$  que hace referencia a una concentración de microorganismos del 15% sometido a 30 días de descomposición, el mismo que posee un valor promedio de temperatura de 34°C, generándose un compost inmaduro en relación a los tratamientos sometidos a 30 días de descomposición.

Los resultados obtenidos para los tratamientos sometidos a 45 días de descomposición con un valor promedio de 22,8 °C presentaron al tratamiento ( $a_2b_1$ ) que está inoculado con 25% de microorganismos siendo este el más óptimo, ya que datos del registro de temperatura los primeros 30 días subió hasta llegar a la fase termófila por acción de los microorganismos la cual agilitó el proceso de transformación del material, y luego paso a la fase de enfriamiento considerando así un compost maduro y libre de patógenos.

Por esta razón se llegó a considerar que el tiempo y la temperatura influyen directamente en la descomposición y desinfección del material.

## **pH**

Durante el proceso de transformación del material se realizó el respectivo análisis de pH en donde se obtuvo que el tratamiento ( $a_0b_0$ ) registró un pH de 8,8 como se muestra en la Figura A2 del Anexo A, el cual no está dentro de la normativa y no es admisible para descarga al medio ambiente esto en cuanto a los tratamientos sometidos a 30 días de descomposición. A los 45 días se pudo constatar que el tratamiento ( $a_2b_1$ ) reportó un valor de 7,7 el cual es considerado como neutro y no es nocivo para el medio ambiente. Los valores obtenidos por cada tipo de tratamiento son menores a los reportados como iniciales, para lo cual se diría que los tratamientos presentaron una disminución del pH por influencia directa de

la temperatura. En la fase mesófila el pH disminuye por la formación de ácidos orgánicos, fase termófila el pH aumenta por la formación de amoníaco y la desaminación de las proteínas, la maduración da lugar en el material como consecuencia de la capacidad tamponante.

Al interpretar los resultados obtenidos se confirma que el pH es directamente proporcional a la temperatura. (Raven, Evert, & Eichhorn, 1992)

### **Humedad**

Durante el proceso de compostaje se realizó el análisis respectivo de humedad, en donde se obtuvo como resultados que los tratamientos sometidos a 30 días de desintegración la humedad se redujo por el incremento de temperatura, y el tratamiento a<sub>0</sub>b<sub>0</sub> es el que se mostró más estable.

Los resultados obtenidos a 45 días fluctuaron en un rango más extenso debido al incremento de microorganismos, el tratamiento a<sub>2</sub>b<sub>1</sub> fue el que tuvo el porcentaje de humedad más alto con relación al grupo. Se podría decir que la humedad está estrechamente ligada con la solubilización de sustancias que son fuente de energía para los microorganismos por ende su propagación.

La humedad no presenta diferencia significativa entre los tratamientos debido a que la misma fue controlada durante el proceso para que se mantenga en un rango entre 50 y 70%, pero si existió una muy notable con relación a la muestra testigo uno y dos ya que a mayor tiempo de descomposición menor porcentaje de humedad y menor crecimiento microbiano por la falta de nutrientes y condiciones óptimas.

### **Peso**

Según los valores obtenidos de peso todos fueron inferiores a los iniciales a través del factor tiempo, la reducción del material compostado fue muy

notorio en un 50 % en el tratamiento  $a_0b_1$  siendo este el menor, el tratamiento  $a_2b_1$  con una concentración inicial del 25% de microorganismos y un tiempo de desintegración de la materia de 45 días fue el que minimizo su peso en un 80% .

El testigo 1 redujo el material en un 16,67% mientras que el testigo 2 un 20% con relación al peso inicial, debido a la falta de humedad, por ende poca carga microbiana y menor desintegración de las partículas.

### **Unidades Formadoras de Colonia (UFC)**

Según la Figura A5 del Anexo A se considera que el tratamiento con menor crecimiento microbiano durante el periodo de prueba fue el ( $a_0b_0$ ) concentración 15% de microorganismos, en el cual se presenta un incremento del 3% de unidades formadoras de colonias con relación a las iniciales para las muestras sometidas a 30 días de prueba, en la tercera y cuarta semana fue marcado el incremento de carga microbiana en todos los tratamientos. El tratamiento  $a_2b_1$  tuvo mayor carga microbiana siendo esto aceptable, ya que fue al que se inoculó un 25% de microorganismos eficientes y se trató por 45 días, mostrando un incremento del 5%.

De acuerdo al estudio de muestras se puede decir que, a mayor concentración y tiempo de tratamiento, mayor cantidad de unidades formadoras de colonias. Cabe destacar que esto se cumple por las condiciones ambientales que no tienden a modificarse drásticamente, logrando comprobar lo citado con la muestra testigo ya que en esta ocurrió todo lo contrario, disminuyó la carga microbiana por no presentar condiciones óptimas para su desarrollo.

### **Carbono**

En la Tabla A6 del Anexo A, se reporta los datos de carbono, las muestras no presentan diferencia significativa al inicio del proceso, en cuanto al contenido final de carbono el tratamiento  $a_0b_0$  muestra un incremento de 1,7% siendo este el menor con relación a todos los tratamientos. La

cantidad de carbono de la muestra  $a_2b_1$  tuvo un alcance de 3,2% a los 45 días.

Unep, (2010) indica que el aumento de carbono reduce la pérdida de nutrientes y aumenta la retención de agua, estableciendo que el tratamiento  $a_2b_1$  cumple con lo señalado.

Con base en los datos los tratamientos testigos muestran un porcentaje mínimo con relación a los incorporados brócoli como fuente de carbono. Por ello los microorganismos no tuvieron energía para metabolizar el material, retener agua y reducir la pérdida de nutrientes en función del tiempo.

### **Nitrógeno**

En cuanto al contenido de nitrógeno el mejor tratamiento es el  $a_2b_1$  (25% de microorganismos y 45 días de descomposición) y el  $a_2b_0$  que corresponde a 20 % de microorganismos y 30 días de descomposición, que mostró un 0,62% de nitrógeno.

Según Hidalgo ( 2013), el material de curtiembre está constituido principalmente por 33% de proteínas, por ello el nitrógeno es uno de los factores más importantes puesto que sintetiza proteínas e interviene en las funciones microbianas.

### **Relación Carbono Nitrógeno (C/N)**

La relación del material C/N, expresa las unidades de Carbono por unidades de Nitrógeno que contiene un abono orgánico. La relación debe mantenerse en proporción por ello se adicionó brócoli el mismo que es un material rico en carbono para compensar la elevada cantidad de nitrógeno en la materia prima de curtiembre.

En la Figura A 8, Anexo A, indica que la relación C/N tendió a aumentar, el tratamiento  $a_2b_1$  obtuvo la mejor relación de 5:1; los tratamientos testigos no variaron puesto que no cumplen con el parámetro de relación C/N.

Los macronutrientes (calcio, potasio, magnesio, fósforo) a igual que los micronutrientes (cobre hierro manganeso y zinc), son esenciales para el desarrollo de la vida biológica, pero pueden llegar a ser tóxicos en cantidades elevadas; es por ello que la determinación de estos es de vital importancia.

### **4.1.3 Análisis Estadístico**

#### **Temperatura**

En la Tabla B1, Anexo B, se reporta el análisis de varianza, en el cual se observa diferencia significativa para este parámetro, puesto que los valores registrados son menores al 5% del valor  $p$  con un nivel de confianza de 95%, debido a que la temperatura si influye en el proceso de descomposición.

La prueba de Dunnett demostró que el tratamiento  $a_0b_1$  no presenta diferencia significativa con relación al testigo 1 y 2, ya que la media del tratamiento no difiere del control. El DMs calculado es 7,09, el mismo que fue comparado con la diferencia del promedio de las respuestas experimentales con el control, dando como resultado que el tratamiento  $a_1b_0$  es el mejor seguido por el  $a_2b_1$ . (Ver Tabla B2, Tabla B3; Anexo B).

De acuerdo a la Figura B1, Anexo B, los tratamientos si muestran diferencia significativa comprobando lo expuesto con la prueba de Tukey.

#### **pH**

Las Tabla B5, del Anexo B, destaca el análisis de varianza en el mismo que no presenta diferencia significativa entre los tratamientos, pero al comparar con el tratamiento control si difiere significativamente; el valor  $p$  es menor al 5%. Al confrontar el testigo 1 y 2 con los tratamientos se observa que si existe diferencia significativa, el DMs calculado es 0,64 siendo este menor a diferencia del promedio de los tratamientos con el control.

En Figura B2, Anexo B, se observa que varía la concertación de microorganismos dependiendo del tiempo y de la cantidad inoculada inicialmente.

La prueba de tukey realizada a un 5% de significancia, registrada en la Tabla B8, del Anexo B, proyecta al tratamiento  $a_0b_0$  como el mejor seguido del  $a_2b_1$ .

### **Peso**

El análisis de varianza indica que si existe diferencia significativa entre los tratamientos, los tratamientos en la prueba de Dunnett para los 30 días de desintegración del material, indica una minimización del mismo en un 48,4 %, mientras que el testigo un 16,67% se reporta lo mencionado en la Tabla B10.

Las muestras con un tiempo de prueba de 45 días disminuyó el material a compostar en un 73,4%, y el testigo solo redujo un 46,67% (Ver Tabla B11).

Con base en la Tabla B12 de prueba de tukey al 5% de significancia, se concluyó que la reducción del material es directamente proporcional al tiempo de prueba y concentración de microorganismos, por ello, el mejor tratamiento es  $a_2b_1$  siendo este el que presenta el rango mayor de desintegración con relación a los tratamientos y testigo.

### **Unidades formadoras de colonias (UFC)**

Se reporta en la Tabla B 13, el análisis de varianza, el cual registra el valor  $p$ , el mismo que para el factor tiempo, es menor al 5% de significancia; demostrando que todos los tratamientos presentan una variación de carga microbiana en función de este parámetro. Debido a las condiciones que se vieron sometidos los tratamientos al comparar con los testigos muestran una diferencia significativa en el aumento de carga microbiana, la prueba de Dunnett tanto para el testigo 1 como 2 indica lo



mencionado.

En la Tabla B 16 se exponen los datos obtenidos de la prueba de tukey al 5% de significancia, la misma que proyecta al tratamiento  $a_2b_1$  como el mejor por su elevada concentración de UFC.

### **Carbono**

Los resultados de análisis de varianza de carbono exteriorizan que existe una diferencia significativa con relación al tiempo de tratamiento ya que el valor  $p$  es 0,025%, el análisis de la comparación de los tratamientos con los de control también presentan una diferencia en la cantidad de carbono ya que muestra un valor  $p$  inferior al 5%.

Se establece que todos los tratamientos difieren del control en la prueba de Dunnet, porque la diferencia del promedio de medias es superior al valor de la diferencia mínima significativa (DMS) que para este caso fue 0,62.

La prueba de tukey demuestra que el tratamiento  $a_0b_0$  tuvo la menor cantidad de carbono, por otra parte el tratamiento  $a_2b_1$  es el más óptimo al final del proceso por indicar lo contrario. (Ver Figura B 6)

### **Nitrógeno**

El análisis de varianza muestra un valor  $p$  de 0,001 para la concentración de microorganismos por lo que se concluyó que la diferencia es significativa en los tratamientos con relación a este parámetro. En todos los tratamientos la cantidad de nitrógeno es diferente a los obtenidos de las muestras control por ello el valor  $p$  es menor al 5%. (Ver Tabla 21)

En la Figura B 7, del Anexo B, se observa que el mejor tratamiento es el  $a_2b_1$  que corresponde a una concentración del 25% de microorganismo, 1 kg de brócoli y 2 kg de desechos de descarte del proceso de curtición.

#### **4.1.4 Verificación de Hipótesis**

##### **Hipótesis Nula**

La aplicación de *EMs*, no influye en el proceso de descomposición del desecho sólido generado en la etapa de descarte.

##### **Hipótesis Alternativa**

La aplicación de *EMs*, influye en el proceso de descomposición del desecho sólido generado en la etapa de descarte.

Por lo antes mencionado, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, ya que se determinó que existe una diferencia significativa entre los tratamientos y testigos a un nivel de confianza del 95%.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- Los microorganismos utilizados cumplieron con la transformación del material en compost, debido a la aceleración metabólica, basado en los parámetros analizados se llevó a cabo en menor tiempo que los tratamientos testigos.
- De acuerdo a la caracterización realizada, se pudo concluir que existió variación significativa entre tratamientos y testigos con relación a la temperatura, para lo cual se llegó a establecer que este parámetro es muy importante para la elaboración de compost, por activar determinados microorganismos en cada una de sus fases.

El pH varió de 12,5 a 7,7 por influencia directa de la temperatura, ya que el pH es directamente proporcional a la misma.

La humedad fue un parámetro controlado por estar estrechamente ligado con la solubilización de sustancias que son fuente de energía para los microorganismos.

La presencia de microorganismos eficientes reduce el material sometido a 30 días de descomposición en un 50% mientras que para los tratados a 45 días muestra una reducción del 80%, estableciendo así que a menor porcentaje de humedad menor carga microbiana y menor desintegración de partículas.

El factor tiempo influyó directamente en la propagación de microorganismos, los tratamientos evaluados a 30 días incrementó la carga microbiana en un 3% y en un 5% los valorados a 45 días, estipulando así que a mayor tiempo de descomposición mayor cantidad de UFC.

El carbono y nitrógeno son indispensables para la elaboración de compost intervienen directamente en las funciones microbianas. El aumento de carbono reduce la pérdida de nutrientes e incrementa la retención de agua, el tratamiento  $a_2b_1$  tuvo un alcance del 3,2% de carbono y 0,62% de nitrógeno a los 45 días de prueba, el nitrógeno factor importante por sintetizar proteínas. La relación carbono nitrógeno fue equilibrada al inicio del proceso, la mejor relación es 5:1 de tratamiento  $a_2b_1$ , por cada 5 unidades de carbono se consumió 1 de nitrógeno.

- El mejor tratamiento presentó C 1,73 %; N 0.34%; C/N 5:1; (P 498,02; K 1010,25; Ca 2629,4; Mg 5630,6 Fe 10325,15; Cu 7,01; Mn 125,06; Zn 19,14;) mg/kg.
- La metodología utilizada fue buena se obtuvo un compost dentro de los rangos admisibles de calidad con base en la norma chilena 2880. (Ver Anexo D)

## 5.2 Recomendaciones

- Incentivar la investigación de diferentes tipos de microorganismos además de los citados, con la finalidad de cumplir con las exigencias de las normas ambientales en preservar el medio ambiente y evitar sanciones.
- Implementar la utilización de microorganismos eficientes en el tratamiento de desechos sólidos de curtiembre, ya que ayudan a acelerar el proceso de transformación de la materia y a obtener un compost de buena calidad.

- Desarrollar el empleo de reactores aerobios para mejorar las propiedades físico-químicas y microbiológicas del compost logrando de esta forma minimizar el tiempo de obtención del abono orgánico y procesar volúmenes elevados de desechos.
- Realizar prototipo de prueba antes de escala industrial, la metodología esta direccionada solo para el material extraído de la etapa de descarte del proceso de curtición, ya que el mismo no presenta metales pesados por ser separado antes de su contaminación.

## **CAPITULO VI**

### **PROPUESTA**

#### **6.1 Datos Informativos**

**Título:**

“Metodología para la elaboración de compost a partir de desechos de curtiembre con la inclusión de 25% de microorganismos eficientes y 45 días de descomposición”.

**Unidad Ejecutora:**

Universidad Técnica de Ambato (UTA), a través del Laboratorio de Investigación y Análisis Ambiental del Gobierno Autónomo descentralizado Municipalidad de Ambato.

**Beneficiarios:**

Empresa TABRAVI del Sr. José Torres ubicada en el pisque bajo de la provincia del Tungurahua.

**Ubicación:**

Ambato – Ecuador

**Tiempo estimado para la ejecución:**

12 meses.

### **Equipo técnico responsable:**

Egda. María Maricela Llerena Aguilar; Ing. Alex Valencia y tesistas que deseen trabajar en el área de investigación acerca de la elaboración de compost.

### **6.2 Antecedentes de la propuesta**

Metodología de la investigación científica y tecnológica, es la ciencia experimental moderna emplea el razonamiento y la experimentación, no proviene de esquemas filosóficos, sino del método experimental, con artes mecánicas y aparatos. El objeto de estudio tiende a la resolución de problemas o al desarrollo de ideas, a corto o mediano plazo, dirigidas a conseguir innovaciones, mejoras del proceso o producto incremento de calidad y productividad. (Cegarra, 2011)

El tratamiento de residuos, en su contexto más amplio se puede definir como la implementación de tecnologías que ayude a preservar el medio ambiente, el objetivo principal es minimizar la cantidad de materia orgánica y transformarlo en un material no nocivo que puede ser dispuesto al medio ambiente (Jiménez, 2001)

Los microorganismos eficientes (*Ems*) ayudan a la rápida desintegración de materiales orgánicos, utilizados para incrementa la eficiencia de la materia orgánica como fertilizante, para ello se puede manipular diferentes concentraciones. No obstante, para obtener fertilizantes de buena calidad es imprescindible estudiar en detalle las condiciones óptimas para el desarrollo de los mismos, (Webmaster, 2009)

La técnica de compostaje se puede definir como una biotécnica donde es posible ejercer un control sobre los procesos de biodegradación de la materia orgánica. El producto de esta degradación recibe el nombre de Compost, el cual resulta de la degradación aeróbica de material o desechos de origen orgánico. El objetivo de crear Compost es enriquecer

los suelos agrícolas con nutrientes, mejorar las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, es decir utilizarlo como mejorador de los suelos. (Porrás, 2011)

### **6.3 Justificación**

El proyecto de investigación pretende establecer una metodología para tratar desechos de curtiembre de la etapa de descarte mediante la aplicación de microorganismos eficientes que intervengan en los cambios físicos y biológicos en el producto, así como también la implementación de un tiempo límite del proceso.

Al ser una metodología a seguir, es importante que se tome en cuenta la composición de la materia orgánica inicial para verificar si la concentración de microorganismos y el tiempo establecido generan cambios.

### **6.4 Objetivos**

#### **6.4.1 Objetivo General**

- Establecer la metodología para la elaboración de compost a partir de desechos de curtiembre con la inclusión de 25% de microorganismos eficientes y 45 días de descomposición.

#### **6.4.2 Objetivos Específicos**

- Determinar el impacto económico que se genera en la elaboración de compost a partir de residuos de curtiembre con la inclusión de 25% de microorganismos eficientes y 45 días de descomposición.



- Evaluar la eficiencia de la metodología utilizada, de acuerdo a las características iniciales.

## **6.5 Análisis de Factibilidad**

El proyecto de investigación contribuye a la implementación de tratamiento de residuos obteniendo resultados favorables en un periodo corto de tiempo por agregación de microorganismos.

El análisis de factibilidad de la investigación nos indica que es posible aplicar los resultados a nivel industrial, ya que los aspectos tanto tecnológicos como económicos reportados en la Tabla C5, del Anexo C el costo de producción es de \$21,91, si se podrá realizar el análisis del compost.

La investigación a desarrollarse es muy significativa, ya que por medio de la misma se puede analizar la importancia del tratamiento de los desechos de curtiembres y la eficacia del proceso a emplearse.

## **6.6 Fundamentación**

El tratamiento que desde tiempos atrás se ha aplicado para neutralizar el material orgánico es el compostaje. Método de fundamento fácil, variable y puede emplearse a diferentes tipos de materiales; se le considera barato y amigable con el medio ambiente. (Ventimilla, 2014)

El método de compostaje se presenta como una de las alternativas más promisorias para reducir los niveles de contaminación que provocan los residuos sólidos, es un material orgánico resultado de la descomposición aerobia de restos animales y vegetales, el cual, cuando se produce y

mantiene en condiciones apropiadas, incrementa los nutrientes. (Porras, 2011)

Según Gutiérrez & Carrera, (2008), en su investigación “Elaboración de dos tipos de compost a partir de dos residuos de curtiembre con dos inoculantes en tres dosis. NIÁGARA-COTOPAXI”. Es importante identificar los factores que afectan al proceso de compostaje, para controlar y mantener condiciones optimas que aseguran el desempeño adecuado de microorganismos.

## 6.7 Metodología

**Tabla 7: Modelo Operativo (Plan de acción).**

<b>Fases</b>	<b>Metas</b>	<b>Actividades</b>	<b>Responsables</b>	<b>Recursos</b>	<b>Presupuesto</b>	<b>Tiempo</b>
<b>1. Formulación de la propuesta</b>	Obtener compost mediante la aplicación de microorganismos y tiempo.	Revisión Bibliográfica	Investigador.	Económicos Humanos Técnicos	\$60	2 meses
<b>2. Desarrollo preliminar de la propuesta</b>	Cronograma de la propuesta	Pruebas preliminares sobre la obtención de compost	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$30	4 Meses
<b>3. Implementación de la propuesta</b>	Ejecución de la propuesta	Aplicación de microorganismos	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$120	2 Meses
<b>4. Evaluación de la propuesta</b>	Calidad del compost	Proceso de descomposición y toma de datos.	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$40	4 meses

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

## 6.8 Administración

La realización de la propuesta estará coordinada por los responsables del proyecto Ing. Alex Valencia y Egda. Maricela Llerena.

**Tabla 8: Administración de la propuesta.**

Indicadores a mejorar	Situación actual	Resultados esperados	Actividades	Responsables
Tratamiento de desechos sólidos generados en la etapa de descarte del proceso de curtiembre.	Excesiva generación de desechos sólidos.	Aprovechamiento de los desechos sólidos.  Análisis físico-químicos y microbiológicos aceptables para compost.	Análisis físico químicos y microbiológicos, del tratamiento de desechos sólidos.	Docente:  Ing. Alex Valencia  Investigador:  Egda: Maricela Llerena

Elaborado por: Maricela Llerena, 2015

## 6.9 Previsión de la Evaluación

**Tabla 9: Previsión de la Evaluación**

Preguntas Básicas	Explicación
¿Quiénes solicitan evaluar?	La empresa TABRAVI
¿Por qué evaluar?	Estipular un método adecuado para tratar desechos de curtiembre

¿Para qué evaluar?	Cumplir con la norma estipulada por el ministerio del ambiente  Evitar sanciones
¿Qué evaluar?	Método a utilizar  Materia prima  Datos adquiridos
¿Quién evalúa?	Tutor e investigador
¿Cuándo evaluar?	Durante el proceso de obtención.  Final del proceso
¿Cómo evaluar?	Mediante técnicas e instrumentos de evaluación.
¿Con qué evaluar?	Experimentación  Métodos implantados

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

## Bibliografía

- Abad, F. (1997). *Investigación evaluativa en documentación. Aplicación a la documentación médica*. Valencia: Puertes, S.L.
- Abarrataldea. (Abril de 2005). *Manual práctico de técnicas de compostaje*. Recuperado el 15 de Abril de 2015, de Abarrataldea: <http://www.abarrataldea.org/manualpdf.pdf>
- Cegarra, J. (2011). *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. Madrid: Diaz de Santos.
- Cesta. (2010). *Amigos de la tierra*. Recuperado el 11 de Marzo de 2014, de Amigos de la tierra: <http://latinamericacaribbean.recpnet.org/uploads/resource/cc1bd87a29c857c262b2655a94510754.pdf>
- Chávez, K. (2004). *Priorización de los sectores de las pymes en el Ecuador que requieren apoyo técnico*.
- Congreso Nacional. (1999). *Ley de Gestión Ambiental*.
- Dalzell, H. (1991). *Manejo del suelo producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales*. Roma.
- Espinosa, K. (2011). *ELABORACIÓN DE UN ABONO ORGÁNICO A BASE DE DESECHOS DEL PROCESAMIENTO DEL BRÓCOLI (Brassica oleracea itálica), PARA DISMINUIR LA DEPENDENCIA DE PRODUCTOS QUÍMICO*. Ambato.
- FAO. (2002). *Los fertilizantes y su uso: una guía de bolsillo para los oficiales de extensión*. Paris.
- FAO. (2012). *Técnicas de compostaje*.
- FAO. (2013). *Manual de compostaje del agricultor*. Santiago de Chile.
- Garces, F. (2014). *PRODUCCIÓN DE ABONO ORGÁNICO A PARTIR DE RESIDUOS DE CAÑA DE AZÚCAR Y AZOLLA CON LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM's)*. Ambato.

- Gutiérrez, k. (2008). *Elaboracion de dos tipos de compost a partir de dos residuos de curtiembre con dos inoculantes en tres dosis*. cotopaxi.
- Haro, R. (2014). *Evaluación de microorganismos eficientes en la producción de bocashi y su eficacia en el rendimiento del cultivo de fréjol (phaseolus vulgaris)* . El Angel.
- Hidalgo, L. (2013). *DISEÑO DE LA ETAPA DE CURTICIÓN DE PIEL BOVINA CON LA UTILIZACIÓN DEL EXTRACTO TÁNICO Y GÁLICO DEL GUARANGO CAESALPINIASPINOS*. Riobamba.
- Hurtado, I. (2007). *Paradigmas y métodos de la investigación en tiempos de cambio*. . Venezuela: CEC.
- INN. (22 de Febrero de 2005). *Sistema Nacional de Informacion Ambiental*. Recuperado el 22 de Abril de 2015, de Sistema Nacional de Informacion Ambiental: <http://www.sinia.cl/1292/printer-32296.html>
- Jiménez, B. (2001). *La Contaminación Ambiental en México*. Mexico: Limusa.
- La hora. (18 de Julio de 2012). Noticias Tungurahua. *Las curtidurías deben reducir contaminación*.
- Méndez, R. (2007). *Producción limpia en la industria de curtiembre*. Santiago de Compostela: Servicio de publicaciones e intercambio científico.
- Moreno, J. (2007). *Compostaje*. España: Mundi.
- Naghi, M. (2005). *Metodología de la investigación*. México: Limusa.
- Nutrición personalizada. (18 de Enero de 2010). *Nutrición personalizada*. Recuperado el 22 de Abril de 2015, de Nutrición personalizada: [https://nutricionpersonalizada.wordpress.com/2010/01/18/microorganismos\\_crezcan/](https://nutricionpersonalizada.wordpress.com/2010/01/18/microorganismos_crezcan/)
- Porras, S. (2011). *PRODUCCIÓN DE COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS DE UNA PLANTA DE CELULOSA*. Santiago de Chile.
- Raven, P., Evert, R., & Eichhorn, S. (1992). *Biología de las plantas*. Barcelona: Reverté.

- Rodríguez, M. (2006). *Manual de Compostaje Municipal*. México.
- Salazar, J. (2014). *Operaciones auxiliares de abonado y aplicación de tratamientos en cultivos agrícolas*. IC.
- Saltos, A. (s.f.). *Análisis en el Desarrollo de Alimentos Procesados*. Riobamba: Pedagógica Freire.
- Silva, M. (3 de Mayo de 2009). *Microbiología General*. Recuperado el 22 de Abril de 2015, de Microorganismos Eficientes: <http://microbiologia-general.blogspot.com/2009/05/microorganismos-eficientes.html>
- Soliva, M., & Marga, L. (2004). *Calidad del compost: Influencia del tipo de materiales tratados y de las condiciones del proceso*. Barcelona.
- Unep. (2010). *La solución natural*. Arendal.
- Velasteguí, R. (2005). *Alternativas ecológicas para el manejo integrado fitosanitarios en los cultivos*. Quito: AgroExpress.
- Ventimilla, P. (2014). *INNOVACIÓN E IMPLEMENTACIÓN BIOLÓGICA EN LA PLANTA DE PUERTO ARTURO – EMAPA-A PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES Y AGUAS SERVIDAS DOMICILIARES*. Ambato.
- Webmaster. (20 de Agosto de 2009). *El portal de ganaderos*. Recuperado el 10 de Marzo de 2015, de El portal de ganaderos: [http://www.laganaderia.org/15/index.php?option=com\\_content&view=article&id=114:microorganismos-eficientes&catid=1:timas&Itemid=41](http://www.laganaderia.org/15/index.php?option=com_content&view=article&id=114:microorganismos-eficientes&catid=1:timas&Itemid=41)



# **ANEXO A**

# **RESPUESTAS EXPERIMENTALES**

**Tabla A.1: Datos promedios de Temperatura (°C).**

<b>Tratamientos</b>	<b>Inicial</b>	<b>Día 1</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 7</b>	<b>Día 10</b>	<b>Día 13</b>	<b>Día 17</b>	<b>Día 20</b>	<b>Día 23</b>	<b>Día 26</b>	<b>Día 30</b>	<b>Día 33</b>	<b>Día 36</b>	<b>Día 39</b>	<b>Día 42</b>	<b>Día 45</b>
<b>a<sub>0</sub> b<sub>0</sub></b>	17,0	17,4	20,3	22,3	26,2	28,0	32,1	35,4	36,5	34,9	34,0					
<b>a<sub>0</sub> b<sub>1</sub></b>	17,6	17,7	23,0	27,9	30,0	30,5	34,9	35,7	38,3	39,4	35,4	34,1	32,4	29,2	24,5	22,8
<b>a<sub>1</sub> b<sub>0</sub></b>	17,2	17,4	21,7	41,9	45,1	53,4	54,9	57,5	58,7	56,9	55,2					
<b>a<sub>1</sub> b<sub>1</sub></b>	17,3	17,7	21,8	41,2	46,3	52,6	56,5	58,0	58,7	56,6	54,2	49,3	46,3	42,8	34,4	30,6
<b>a<sub>2</sub> b<sub>0</sub></b>	17,5	17,8	20,3	41,4	48,4	50,3	52,6	52,8	52,1	53,1	52,1					
<b>a<sub>2</sub> b<sub>1</sub></b>	17,5	18,0	19,7	42,9	49,6	50,0	51,4	51,8	53,0	51,4	49,4	44,9	40,5	35,8	30,2	26,6
<b>Testigo 1</b>	16,8	17,0	17,0	16,9	17,4	18,0	17,6	18,6	20,0	20,7	19,3					
<b>Testigo 2</b>	17,0	17,3	17,0	17,0	17,5	18,0	18,0	19,5	20,0	20,0	19,7	19,4	18,2	18,0	17,8	17,5

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla A.1:** Indica la variación promedio de temperatura cada tres días, para cada uno de los tratamientos con relación a 30 y 45 días de desintegración del material.

**Tabla A.2: Datos promedios de pH.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Inicial</b>	<b>Semana 1</b>	<b>Semana 2</b>	<b>Semana 3</b>	<b>Semana 4</b>	<b>Semana 5</b>	<b>Semana 6</b>
<b>a<sub>0</sub> b<sub>0</sub></b>	12,5	11,3	10,8	9,5	8,8		
<b>a<sub>0</sub> b<sub>1</sub></b>	12,7	12,3	10,8	10,1	9,6	8,8	8,3
<b>a<sub>1</sub> b<sub>0</sub></b>	12,8	12,1	11,5	10,1	8,1		
<b>a<sub>1</sub> b<sub>1</sub></b>	12,9	11,8	10,8	9,2	8,7	8,3	7,7
<b>a<sub>2</sub> b<sub>0</sub></b>	12,5	11,4	10,7	9,6	7,8		
<b>a<sub>2</sub> b<sub>1</sub></b>	12,5	11,9	11,1	10,4	9,2	8,2	7,7
<b>Testigo 1</b>	13,0	13,0	12,8	11,9	11,0		
<b>Testigo 2</b>	12,7	12,3	11,8	11,1	10,6	10,3	10,0

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla A.2:** Muestra la variación promedio de pH por semana, para cada uno de los tratamientos con relación al tiempo establecido para la transformación del material.

**Tabla A.3: Datos promedio de humedad (%).**

Tratamientos	Inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
<b>a<sub>0</sub> b<sub>0</sub></b>	53,7	49,8	51,5	48,2	43,6		
<b>a<sub>0</sub> b<sub>1</sub></b>	52,7	55,1	52,2	44,8	45,6	45,4	45,1
<b>a<sub>1</sub> b<sub>0</sub></b>	57,3	58,2	62,7	65,4	55,4		
<b>a<sub>1</sub> b<sub>1</sub></b>	58,4	53,1	55,2	60,7	59,9	61,9	56,5
<b>a<sub>2</sub> b<sub>0</sub></b>	59,7	58,7	65,8	62,0	59,4		
<b>a<sub>2</sub> b<sub>1</sub></b>	56,9	60,9	67,5	61,2	54,7	55,6	59,8
<b>Testigo 1</b>	51,92	48,70	34,75	28,12	20,50		
<b>Testigo 2</b>	55,51	39,26	32,87	29,58	20,81	17,65	15,70

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla A.3:** Exterioriza la variación promedio de humedad por semana, la misma que fue controlada para cada uno de los tratamientos.

**Tabla A.4: Datos promedio de peso (kg).**

Tratamientos	Inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
<b>a<sub>0</sub> b<sub>0</sub></b>	3	2,8	2,3	2,0	1,6		
<b>a<sub>0</sub> b<sub>1</sub></b>	3	2,6	2,2	1,9	1,5	1,0	0,8
<b>a<sub>1</sub> b<sub>0</sub></b>	3	2,7	2,3	1,9	1,7		
<b>a<sub>1</sub> b<sub>1</sub></b>	3	2,8	2,5	2,2	1,8	1,4	0,8
<b>a<sub>2</sub> b<sub>0</sub></b>	3	2,6	2,2	2,0	1,6		
<b>a<sub>2</sub> b<sub>1</sub></b>	3	2,6	2,2	2,0	1,7	1,2	0,6
<b>Testigo 1</b>	3	3	2,9	2,7	2,5		
<b>Testigo 2</b>	3	3	2,8	2,7	2,6	2,2	1,8

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla A.4:** Expresa la variación promedio de peso por semana, siendo el peso inicial para todos los tratamientos de tres kilogramos.

**Tabla A.5: Datos promedio de UFC.**

Tratamientos	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
$a_0 b_0$	23	37	48	58		
$a_0 b_1$	25	31	37	48	63	73
$a_1 b_0$	23	40	53	63		
$a_1 b_1$	24	27	37	52	67	73
$a_2 b_0$	30	41	52	59		
$a_2 b_1$	28	37	45	59	71	80
<b>Testigo 1</b>	18	26	30	38		
<b>Testigo 2</b>	20	24	30	38	52	62

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla A.5:** Muestra el promedio de unidades formadoras de colonias por semana, obtenido por medio de conteo en placa.

**Tabla A.6: Datos promedio Carbono (%).**

Tratamientos	Inicial	Final
$a_0 b_0$	0,17	1,73
$a_0 b_1$	0,18	2,26
$a_1 b_0$	0,18	2,03
$a_1 b_1$	0,17	2,24
$a_2 b_0$	0,18	2,01
$a_2 b_1$	0,18	3,20
<b>Testigo 1</b>	0,19	0,34
<b>Testigo 2</b>	0,18	0,51

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla A.6:** Indica el promedio de carbono tanto al inicio como final del proceso, evidencia el incremento del mismo.

**Tabla A.7: Datos promedio de Nitrógeno (%).**

<b>Tratamientos</b>	<b>Inicial</b>	<b>Final</b>
$a_0 b_0$	0,14	0,34
$a_0 b_1$	0,14	0,26
$a_1 b_0$	0,16	0,35
$a_1 b_1$	0,16	0,35
$a_2 b_0$	0,23	0,50
$a_2 b_1$	0,29	0,62
<b>Testigo 1</b>	0,04	0,06
<b>Testigo 2</b>	0,03	0,06

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla A.7:** Evidencia el promedio de variación de nitrógeno tanto al inicio como final del proceso.

**Tabla A.8: Datos promedio de relación C/N.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Inicial</b>	<b>Final</b>
$a_0 b_0$	1:1	5:1
$a_0 b_1$	1:1	8:1
$a_1 b_0$	1:1	5:1
$a_1 b_1$	1:1	6:1
$a_2 b_0$	1:1	4:1
$a_2 b_1$	1:1	5:1
<b>Testigo 1</b>	0,04	0,06
<b>Testigo 2</b>	0,03	0,06

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla A.8:** Muestra el valor de la división del carbono para el nitrógeno, por cada carbono existe un nitrógeno.

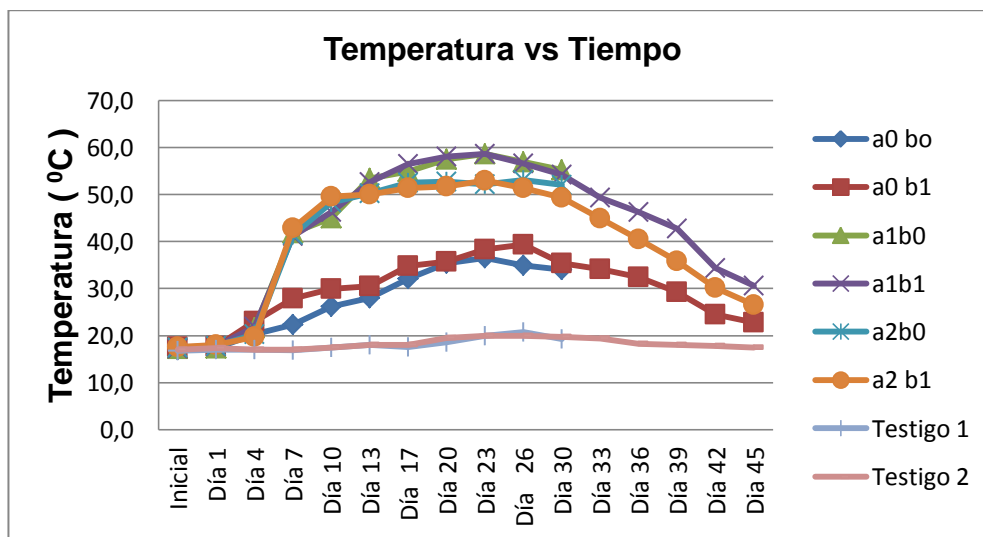
**Tabla A.9: Datos promedio de macro y micro nutrientes.**

Nutrientes	( mg/kg)
Fosforo	498,02
Potasio	1010,25
Calcio	2629,4
Magnesio	5630,6
Hierro	10325,15
Cobre	7,01
Manganeso	125,06
Zinc	19,14

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla A.9:** Muestra los valores obtenidos de macro y micro nutrientes del mejor tratamiento.

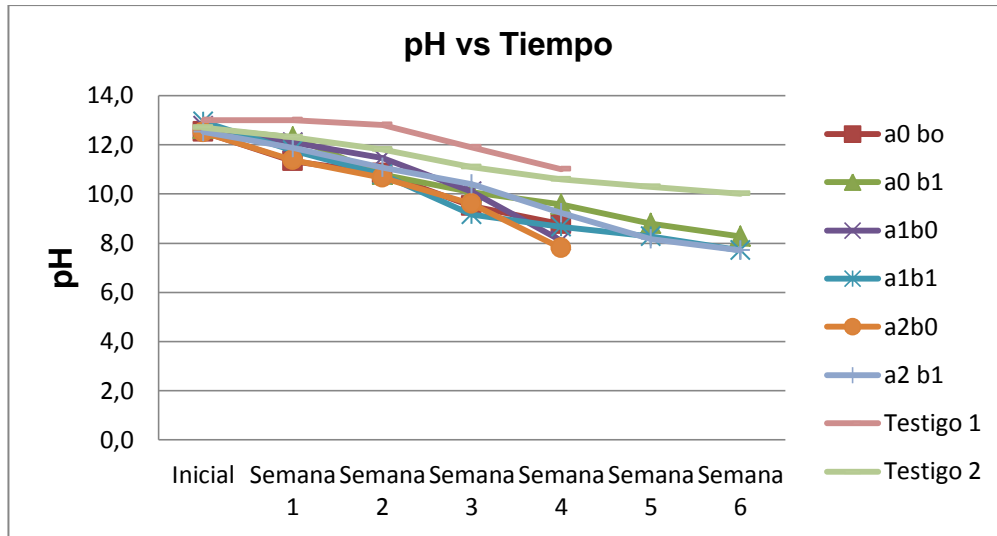
**Figura A.1: Valores promedio de temperatura.**



**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Figura A.1:** Muestra la variación de la temperatura en función del tiempo.

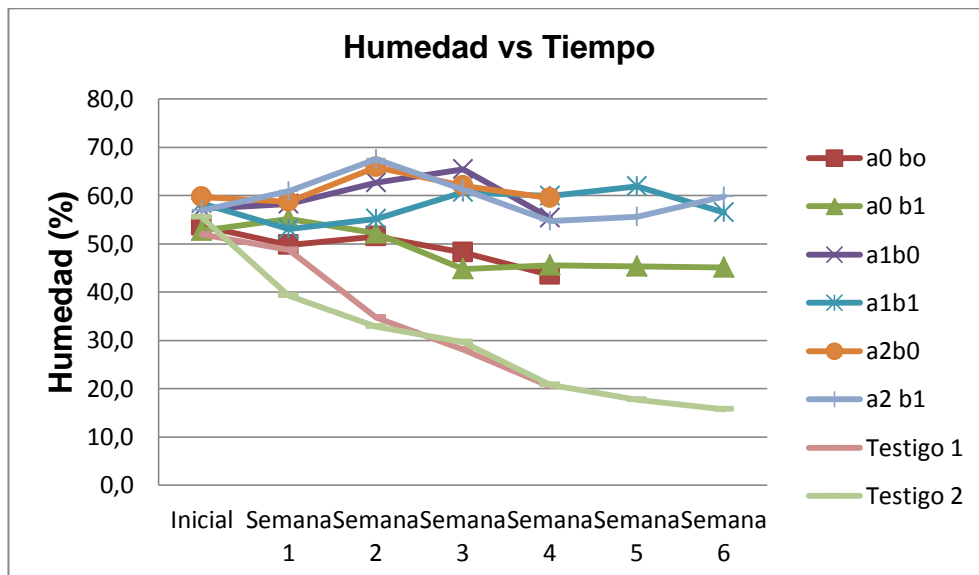
**Figura A.2: Valores promedio de pH.**



**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Figura A.2:** Marca la variación de pH en función del tiempo.

**Figura A.3: Valores promedio de humedad.**

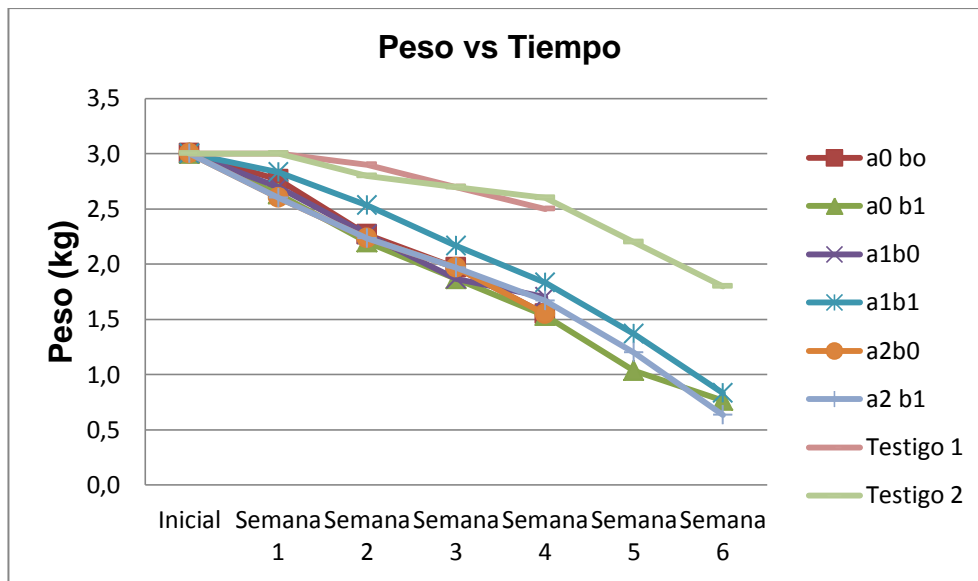


**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Figura A.3:** Revela la variación de humedad en función del tiempo.



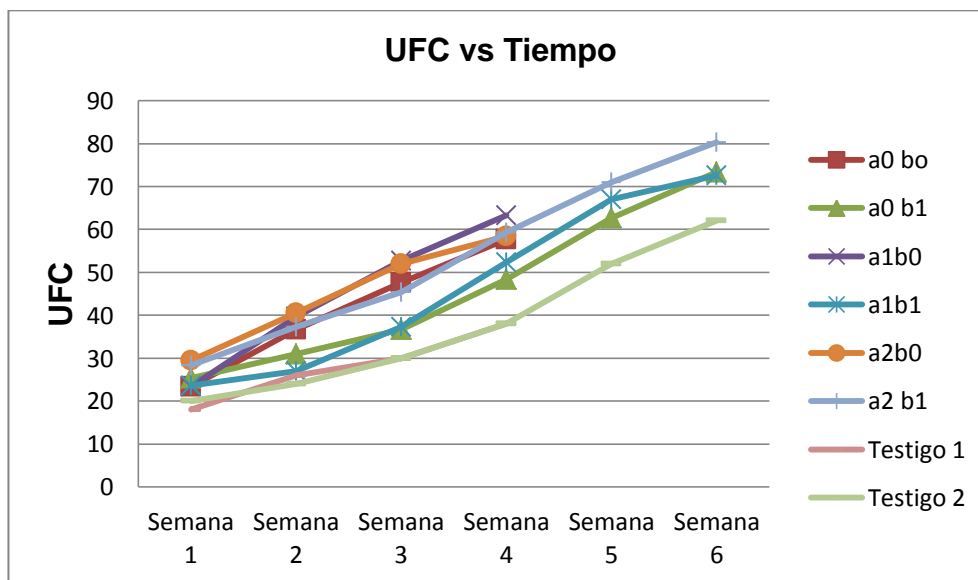
**Figura A.4: Valores promedio de peso.**



**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Figura A.4:** Señala la variación de peso en función del tiempo.

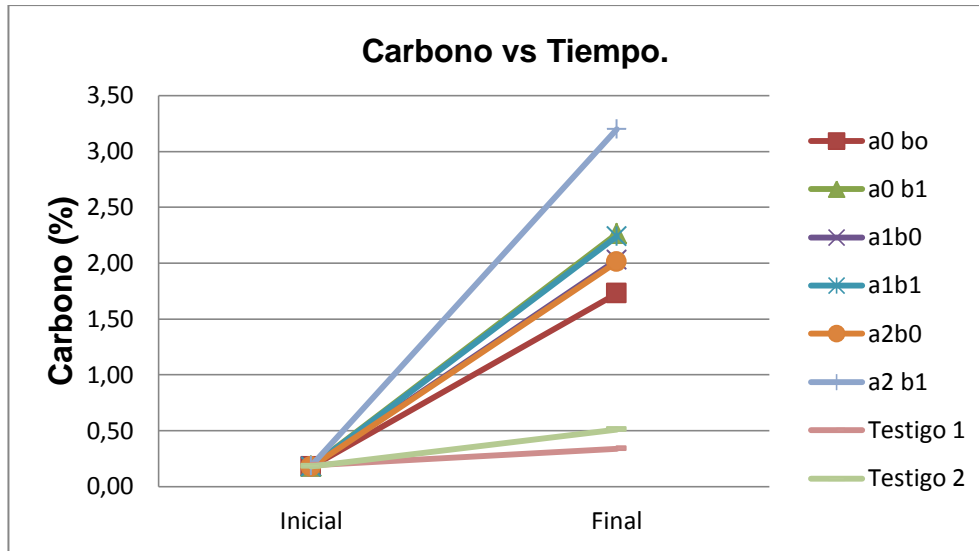
**Figura A.5: Valores promedio de UFC.**



**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Figura A.5:** Indica la variación de las unidades formadoras de colonias en función del tiempo.

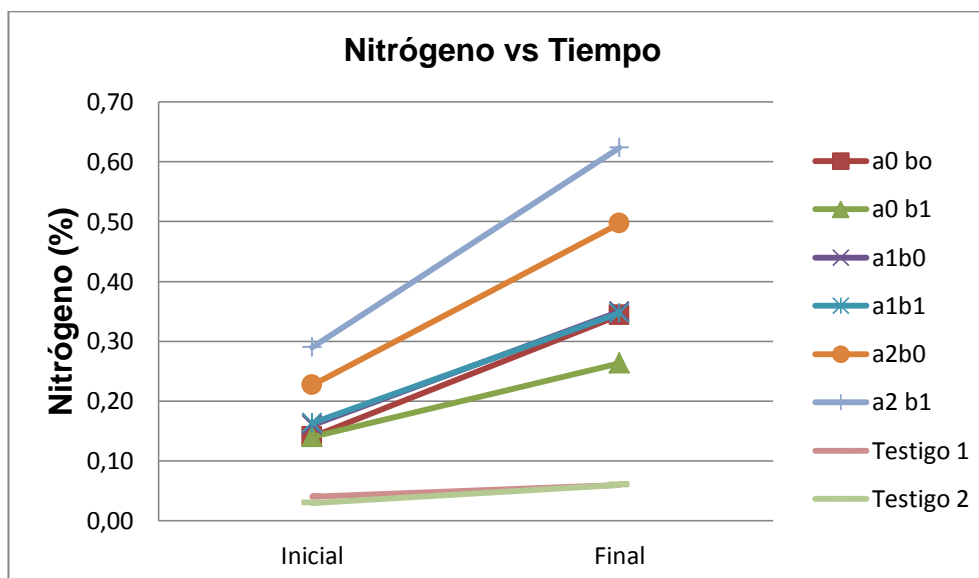
**Figura A.6: Valores promedio de carbono.**



**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Figura A.6:** Muestra la variación de carbono en función del tiempo.

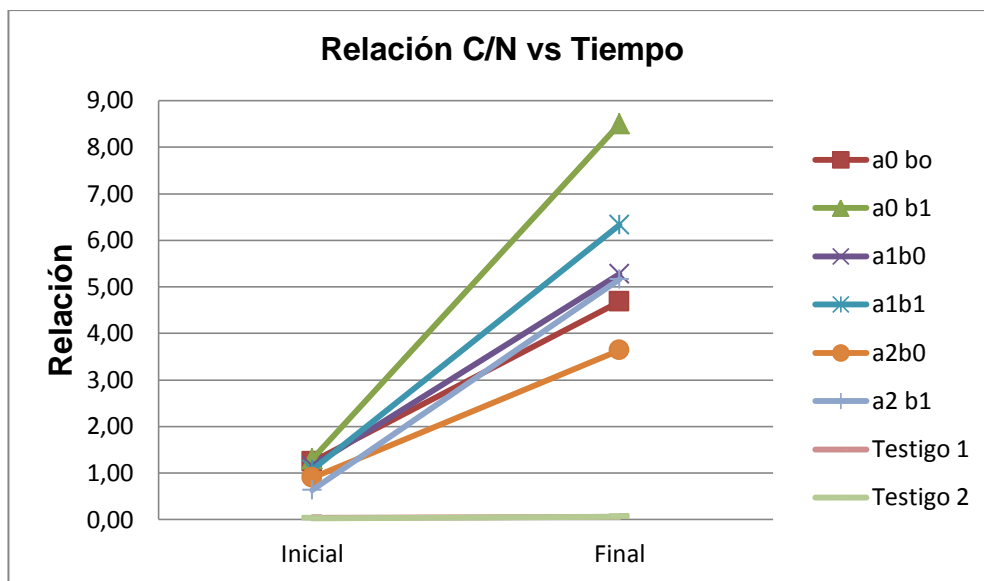
**Figura A.7: Valores promedio de nitrógeno.**



**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Figura A.7:** Marca la variación de nitrógeno en función del tiempo.

**Figura A.8: Valores promedio relación C/N.**



**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Figura A.8:** Señala la relación C/N de los tratamientos en función del tiempo.

# **ANEXO B**

# **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

**Tabla B. 1: Análisis de varianza de temperatura.**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Replicas	50,05	2,00	25,02	1,00	0,512
Concentración de microorganismos	681,63	2,00	340,82	13,68	0,004
Tiempo	1878,8 5	1,00	1878,8 5	75,41	<0,000 1
Concentración de microorganismos * Tiempo	193,77	2,00	96,89	3,89	0,110
T1 Vs todo lo demás	770,18	1,00	770,18	30,91	0,004
T2 Vs todo lo demás	770,18	1,00	770,18	30,91	0,004
Error	348,80	14,00	24,91		
Total	4693,4 6	23,00			

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla B 1:** La concentración de microorganismos es determinante en la variación de temperatura, presenta una diferencia significativa entre los tratamientos ya que el valor  $p$  es menor al 0.5% de significancia.

**Ecuación B 1: Cálculo de Dunnett para la temperatura**

$$d. = t_{\alpha; k; gl} \sqrt{\frac{2 CME}{n}}$$

$$d. = t_{0.05; 5; 14} \sqrt{\frac{2(24.91)}{6}}$$

$$d. = 2.46 \sqrt{\frac{2(24.91)}{6}}$$

$$d. = 7.09$$

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Tabla B. 2: Prueba de Dunnett con relación al testigo 1.**

Tratamientos	Código	Concentración ; Tiempo	Promedio	$\bar{Y}$ Tratamiento - $\bar{Y}$ control
1	$a_0 b_0$	15;30	34,00	14,70 *
3	$a_1 b_0$	20;30	55,20	35,90 *
5	$a_2 b_0$	25;30	52,07	32,77 *
7	Testigo 1	30	19,30	

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla B 2:** Existe diferencia significativa entre los tratamientos y el testigo sometidos a treinta días de descomposición por presentar un valor superior al de Dunnett calculado que es 7.09.

**Tabla B. 3: Prueba de Dunnett con relación al testigo 2.**

Tratamientos	Código	Concentración ; Tiempo	Promedio	$\bar{Y}$ Tratamiento - $\bar{Y}$ control
2	$a_0 b_1$	15;45	22,80	5,30
4	$a_1 b_1$	20;45	30,60	13,10 *
6	$a_2 b_1$	25;45	26,60	9,10 *
7	Testigo 2	45	17,50	

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla B 3:** Evidencia diferencia significativa entre los tratamientos 4 y 6 con relación al testigo sometidos a cuarenta y cinco días de descomposición, por presentar un valor superior al de Dunnett calculado, el tratamiento 2 no presenta diferencia con el testigo.

**Tabla B. 4: Prueba de tukey al 0.05 de significancia.**

Concentración de Microorga..	Tiempo	Medias	n	E.E.	
15	45	22,83	3	3,41	A
25	45	26,57	3	3,41	A
20	45	30,57	3	3,41	A
15	30	34,00	3	3,41	A
25	30	52,07	3	3,41	B
20	30	55,20	3	3,41	B

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla B 4:** Demuestra que no existe diferencia significativa en los tratamientos sometidos a cuarenta y cinco días de descomposición, al comparar con los tratados a treinta días de descomposición si establece diferencia significativa.

**Tabla B. 5: Análisis de varianza de pH.**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Replicas	0,02	2,00	0,01	0,05	0,964
Concentración de microorganismos	1,64	2,00	0,82	4,01	0,104
Tiempo	7,22	1,00	7,22	35,34	0,001
Concentración de microorganismos * Tiempo	0,24	2,00	0,12	0,59	0,665
T1 Vs todo lo demás	9,56	1,00	9,56	46,77	0,004
T2 Vs todo lo demás	9,56	1,00	9,56	46,77	0,004
Error	2,86	14,00	0,20		
Total	31,09	23,00			

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla B 5:** El pH varía en función del tiempo ya que el valor  $p$  de tiempo es menor a 5% de significancia.

**Ecuación B 2: Cálculo de Dunnett para el pH.**

$$d. = t_{\alpha; k; g} \sqrt{\frac{2 \text{ CME}}{n}}$$
$$d. = t_{0.05; 5; 14} \sqrt{\frac{2(0.20)}{6}}$$
$$d. = 2.46 \sqrt{\frac{2(0.20)}{6}}$$
$$d. = 0.64$$

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Tabla B. 6: Prueba de Dunnett con relación al testigo 1.**

Tratamientos	Código	Concentración ; Tiempo	Promedio	$\bar{Y}$ Tratamiento - $\bar{Y}$ control
1	a0 bo	15;30	8,77	2,23 *
3	a1b0	20;30	8,10	2,90 *
5	a2b0	25;30	7,80	3,20 *
7	Testigo 1	30	11	

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla B 6:** Demuestra diferencia significativa entre el tratamiento y testigo, con una disminución de pH en función del tiempo.



**Tabla B. 7: Prueba de Dunnett con relación al testigo 2.**

Tratamientos	Código	Concentración ; Tiempo	Promedio	$\bar{Y}$ Tratamiento - $\bar{Y}$ control
2	a0 b1	15;45	8,30	1,70 *
4	a1b1	20;45	7,70	2,30 *
6	a2 b1	25;45	7,70	2,30 *
7	Testigo 2	45	10	

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla B 7:** Denota diferencia significativa entre el tratamiento y testigo, con una disminución de pH en función del tiempo.

**Tabla B. 8: Prueba de tukey al 0.05 de significancia.**

Concentración de Microorga..	Tiempo	Medias	n	E.E.	
25	45	7,70	3	0,31	A
20	45	7,70	3	0,31	A
15	45	8,27	3	0,31	A B
20	30	8,67	3	0,31	A B
25	30	9,23	3	0,31	B
15	30	9,57	3	0,31	B

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla B 8:** Indica que el mejor tratamiento es el sometido a 45 días de descomposición y una concentración del 25% de microorganismo eficiente, por llegar al rango de pH neutro.

**Tabla B. 9: Análisis de varianza de peso.**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Replicas	0,20	2,00	0,10	2,86	0,180
Concentración de microorganismos	0,07	2,00	0,04	1,14	0,495
Tiempo	2,80	1,00	2,80	80,00	<0,0001
concentración de microorganismos * Tiempo	0,03	2,00	0,02	0,57	0,713
T1 Vs todo lo demás	2,68	1,00	2,68	76,43	0,004
T2 Vs todo lo demás	2,68	1,00	2,68	76,43	0,004
Error	0,49	14,00	0,03		
Total	8,94	23,00			

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla B 9:** Demuestra la influencia directa del tiempo para la reducción del material compostado.

**Ecuación B 3: Cálculo de Dunnett para el peso**

$$d. = t_{\alpha; k; gl} \sqrt{\frac{2 \text{ CME}}{n}}$$

$$d. = t_{0.05; 5; 14} \sqrt{\frac{2(0.03)}{6}}$$

$$d. = 2.46 \sqrt{\frac{2(0.03)}{6}}$$

$$d. = 0.25$$

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Tabla B. 10: Prueba de Dunnett con relación al testigo 1.**

Tratamientos	Código	Concentración ; Tiempo	Promedio	$\bar{Y}$ Tratamiento - $\bar{Y}$ control
1	a0 bo	15;30	1,55	4,05 *
3	a1b0	20;30	1,70	0,80 *
5	a2b0	25;30	1,55	0,95 *
7	Testigo 1	30	2,5	

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla B 10:** Existe diferencia significativa entre los tratamientos y el testigo con relación a los 30 días de descomposición.

**Tabla B. 11: Prueba de Dunnett con relación al testigo 2.**

Tratamientos	Código	Concentración ; Tiempo	Promedio	$\bar{Y}$ Tratamiento - $\bar{Y}$ control
2	a0 b1	15;45	0,80	0,80 *
4	a1b1	20;45	0,80	0,80 *
6	a2 b1	25;45	0,60	1,00 *
7	Testigo 2	45	1,6	

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla B 11:** Consta diferencia significativa entre los tratamientos y el testigo con relación a los 45 días de descomposición.

**Tabla B. 12: Prueba de tukey al 0.05 de significancia.**

Concentración de Microorga..	Tiempo	Medias	n	E.E.
25	45	0,63	3	0,13 A
15	45	0,77	3	0,13 A
20	45	0,83	3	0,13 A
25	30	1,47	3	0,13 B
20	30	1,50	3	0,13 B
15	30	1,63	3	0,13 B

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla B 12:** Refleja diferencia significativa entre los tratamientos, el mejor es el sometido a 45 días de descomposición y una concentración del 25% de microorganismo eficiente con un peso promedio final de 0,63 kg.

**Tabla B. 13: Análisis de varianza de UFC.**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Replicas	154,78	2,00	77,39	2,28	0,244
concentración de microorganismos	0,07	2,00	0,04	0,00	0,495
Tiempo	968,00	1,00	968,00	28,52	0,001
concentración de microorganismos * Tiempo	72,33	2,00	36,17	1,07	0,492
T1 Vs todo lo demás	1212,72	1,00	1212,72	35,73	0,004
T2 Vs todo lo demás	1212,72	1,00	1212,72	35,73	0,004
Error	475,22	14,00	33,94		
Total	4095,83	23,00			

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla B 13:** Demuestra influencia directa del tiempo en la difusión de microorganismos.

**Ecuación B 4: Cálculo de Dunnett para UFC.**

$$d. = t_{\alpha; k; gl} \sqrt{\frac{2 CME}{n}}$$

$$d. = t_{0.05; 5; 14} \sqrt{\frac{2(33.94)}{6}}$$

$$d. = 2.46 \sqrt{\frac{2(33.94)}{6}}$$

$$d. = 8.27$$

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Tabla B. 14: Prueba de Dunnett con relación al testigo 1.**

Tratamientos	Código	Concentración ; Tiempo	Promedio	$\bar{Y}$ Tratamiento - $\bar{Y}$ control
1	a0 bo	15;30	58	20 *
3	a1b0	20;30	63	25 *
5	a2b0	25;30	59	21*
7	Testigo 1	30	38	

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla B 14:** Muestra diferencia significativa entre tratamientos y testigo a los treinta días de descomposición.

**Tabla B. 15: Prueba de Dunnett con relación al testigo 2.**

Tratamientos	Código	Concentración ; Tiempo	Promedio	$\bar{Y}$ Tratamiento - $\bar{Y}$ control
2	a0 b1	15;45	73	41 *
4	a1b1	20;45	73	41 *
6	a2 b1	25;45	80	48 *
7	Testigo 2	45	32	

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla B 15:** Señala diferencia significativa entre tratamientos y testigo a los cuarenta y cinco días de descomposición.

**Tabla B. 16: Prueba de tukey al 0.05 de significancia.**

Concentración de Microorga..	Tiempo	Medias	n	E.E.	
15	30	57,67	3	3,98	A
25	30	61,33	3	3,98	A B
20	30	63,33	3	3,98	A B
20	45	72,67	3	3,98	A B
15	45	73,33	3	3,98	A B
25	45	80,33	3	3,98	B

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla B 16:** Denota que el tratamiento con mayor cantidad de unidades formadoras de colonias es el tratamiento 6.

**Tabla B. 17: Análisis de varianza de Carbono.**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Replicas	17,81	2,00	8,91	48,16	<0,000 1
concentración de microorganismos	1,23	2,00	0,61	3,30	0,145
Tiempo	1,88	1,00	1,88	10,16	0,023
concentración de microorganismos * Tiempo	0,75	2,00	0,37	2,00	0,282
T1 Vs todo lo demás	7,47	1,00	7,47	40,38	0,004
T2 Vs todo lo demás	7,47	1,00	7,47	40,38	0,004
Error	2,59	14,00	0,19		
Total	39,20	23,00			

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla B 17:** Demuestra diferencia significativa entre los tratamientos en función del tiempo de desintegración del material.

**Ecuación B 5: Cálculo de Dunnett para carbono.**

$$d. = t_{\alpha; k; gl} \sqrt{\frac{2 \text{ CME}}{n}}$$

$$d. = t_{0.05; 5; 14} \sqrt{\frac{2(0.19)}{6}}$$

$$d. = 2.46 \sqrt{\frac{2(0.19)}{6}}$$

$$d. = 0.62$$

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Tabla B. 18: Prueba de Dunnett con relación al testigo 1.**

Tratamientos	Código	Concentración ; Tiempo	Promedio	$\bar{Y}$ Tratamiento - $\bar{Y}$ control
1	a0 bo	15;30	1,73	1,39 *
3	a1b0	20;30	2,03	1,69 *
5	a2b0	25;30	2,01	1,67 *
7	Testigo 1	30	0,34	

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla B 18:** Muestra diferencia significativa entre tratamientos y testigo a 30 días de desintegración del material.

**Tabla B. 19: Prueba de Dunnett con relación al testigo 2.**

Tratamientos	Código	Concentración ; Tiempo	Promedio	$\bar{Y}$ Tratamiento - $\bar{Y}$ control
2	a0 b1	15;45	2,26	1,75 *
4	a1b1	20;45	2,24	1,73 *
6	a2 b1	25;45	3,20	2,69 *
7	Testigo 2	45	0,51	

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla B 19:** Indica diferencia significativa entre tratamientos y testigo a 45 días de desintegración del material.

**Tabla B. 20: Prueba de tukey al 0.05 de significancia.**

Concentración de Microorga..	Tiempo	Medias	n	E.E.		
15	30	1,73	3	0,29	A	
25	30	2,01	3	0,29	A	B
20	30	2,03	3	0,29	A	B
20	45	2,24	3	0,29	A	B
15	45	2,26	3	0,29	A	B
25	45	3,20	3	0,29		B

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla B 20:** Demuestra que el tratamiento con mayor cantidad de carbono es el sometido a 45 días de descomposición y una concentración del 25% de microorganismo eficiente.

**Tabla B. 21: Análisis de varianza de Nitrógeno.**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Replicas	0,08	2,00	0,04	7,00	0,039
concentración de microorganismos	0,23	2,00	0,11	19,25	0,001
Tiempo	0,00	1,00	0,00	0,16	0,743
concentración de microorganismos * Tiempo	0,03	2,00	0,02	3,50	0,189
T1 Vs todo lo demás	0,26	1,00	0,26	46,29	0,004
T2 Vs todo lo demás	0,26	1,00	0,26	46,29	0,004
Error	0,08	14,00	0,01		
Total	0,95	23,00			

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla B 21:** Señala una diferencia significativa en la concentración de microorganismos, el valor  $p$  es menor al 5% de significancia.

**Ecuación B 6: Cálculo de Dunnett para nitrógeno.**

$$d. = t_{\alpha; k; gl} \sqrt{\frac{2 \text{ CME}}{n}}$$

$$d. = t_{0.05; 5; 14} \sqrt{\frac{2(0.01)}{6}}$$

$$d. = 2.46 \sqrt{\frac{2(0.01)}{6}}$$

$$d. = 0.14$$

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015



**Tabla B. 22: Prueba de Dunnett con relación al testigo 1.**

Tratamientos	Código	Concentración ; Tiempo	Promedio	$\bar{Y}$ Tratamiento - $\bar{Y}$ control
1	a0 b0	15;30	0,34	0,28 *
3	a1b0	20;30	0,35	0,29 *
5	a2b0	25;30	0,50	0,44 *
7	Testigo 1	30	0,06	

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla B 22:** Indica diferencia significativa entre tratamientos y testigo a los 30 días de descomposición de la materia.

**Tabla B. 23: Prueba de Dunnett con relación al testigo 2.**

Tratamientos	Código	Concentración ; Tiempo	Promedio	$\bar{Y}$ Tratamiento - $\bar{Y}$ control
2	a0 b1	15;45	0,26	0,20 *
4	a1b1	20;45	0,35	0,29 *
6	a2 b1	25;45	0,62	0,56 *
7	Testigo 2	45	0,06	

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla B 23:** Exterioriza diferencia significativa entre tratamientos y testigo a los 45 días de descomposición de la materia.

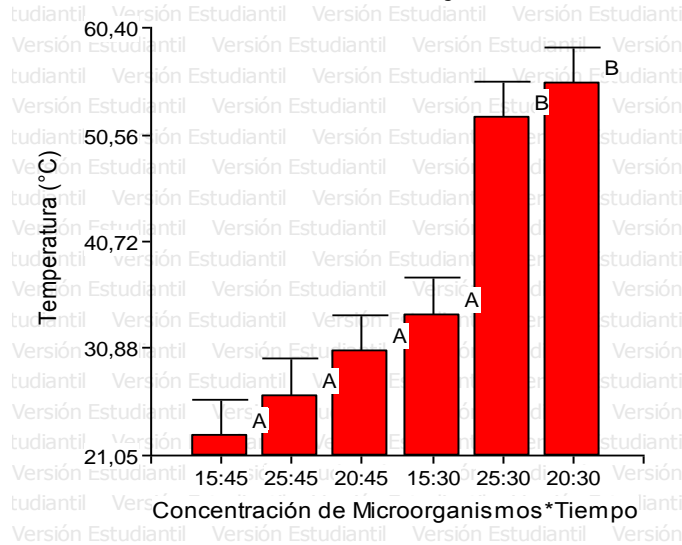
**Tabla B. 24: Prueba de tukey al 0.05 de significancia.**

Concentración de Microorga..	Tiempo	Medias	n	E.E.	
15	45	0,26	3	0,05	A
15	30	0,34	3	0,05	A
20	45	0,35	3	0,05	A
20	30	0,35	3	0,05	A
25	30	0,50	3	0,05	A B
25	45	0,62	3	0,05	B

**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Tabla B 24:** Revela diferencia significativa entre tratamientos, siendo el sometido a 45 días de descomposición y una concentración del 25% de microorganismo eficiente el que tiene el valor más elevado de nitrógeno con un 0,62%.

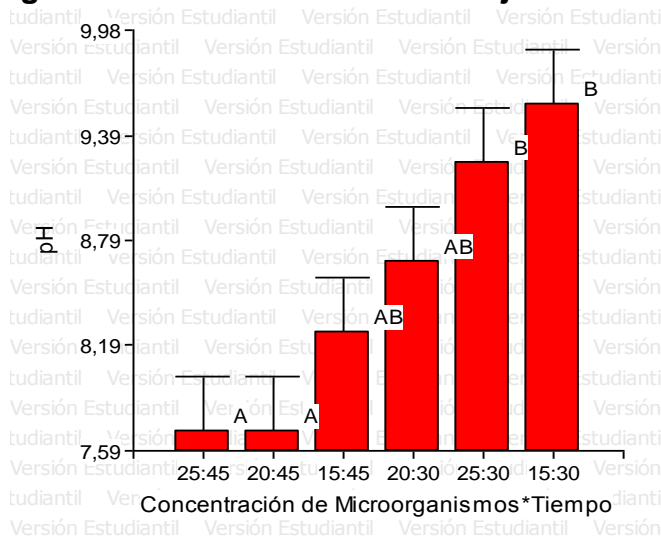
**Figura B.1: Determinación del mejor tratamiento (Temperatura).**



**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Figura B.1:** Señala que el tratamiento que alcanzó la temperatura más alta es el que posee una concentración de 20% de microorganismos y sometido a 30 días de descomposición.

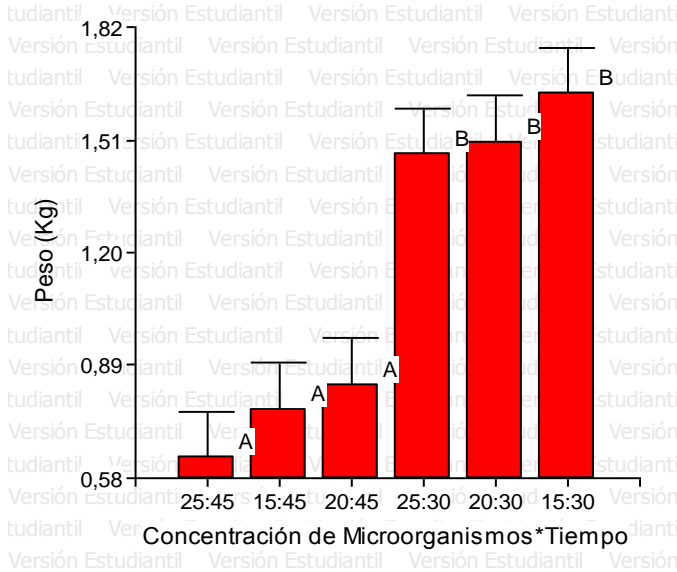
**Figura B.2: Determinación del mejor tratamiento (pH).**



**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Figura B.2:** El tratamiento que alcanza el mejor pH llegando a un rango de neutralidad es el que posee una concentración de 25% de microorganismos y sometido a 45 días de descomposición.

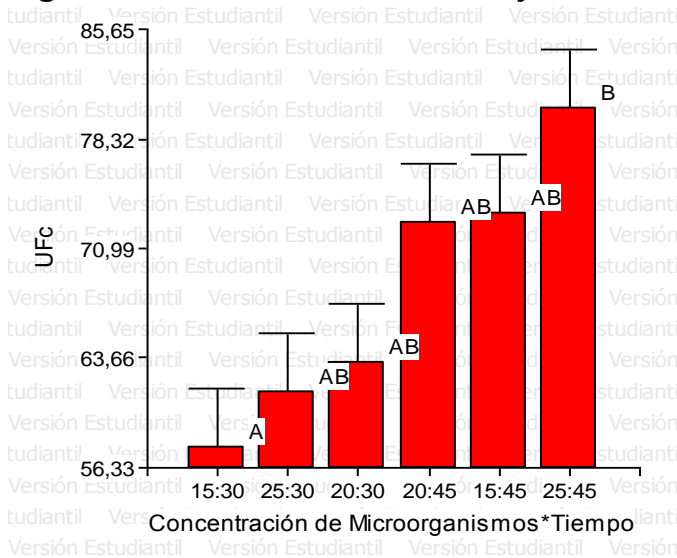
**Figura B.3: Determinación del mejor tratamiento (Peso).**



**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Figura B.3:** Muestra que el tratamiento que está compuesto de una concentración de 25% de microorganismos y sometido a 45 días de descomposición es el que redujo su peso notoriamente.

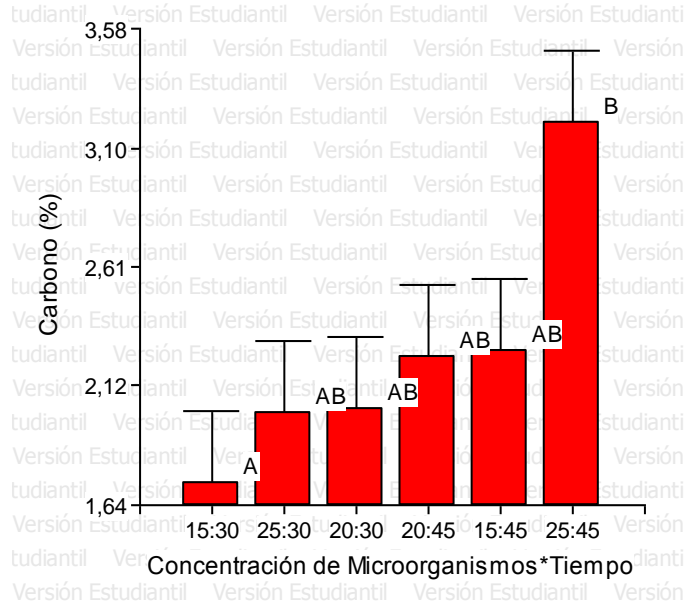
**Figura B.4: Determinación del mejor tratamiento (UFC).**



**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Figura B.4:** Indica que el tratamiento compuesto de una concentración de 25% de microorganismos y sometido a 45 días de descomposición es el que incremento más su carga microbiana.

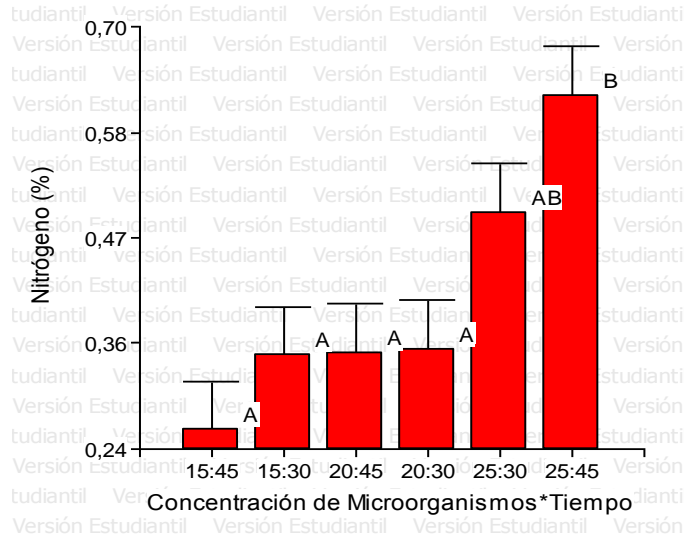
**Figura B.5: Determinación del mejor tratamiento (Carbono).**



**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Figura B.5:** Demuestra que el tratamiento elaborado con una concentración de 25% de microorganismos y sometido a 45 días de descomposición es el que tuvo mayor cantidad el carbono.

**Figura B.6: Determinación del mejor tratamiento (Nitrógeno).**



**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Nota Figura B.6:** Demuestra que el tratamiento elaborado con una concentración de 25% de microorganismos y sometido a 45 días de descomposición es el que tuvo mayor cantidad de nitrógeno.

# **ANEXO C**

# **ESTUDIO ECONÓMICO**

## ANÁLISIS DE PRECIOS PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOST

**Tabla C.1: Gastos de Materiales Directos e Indirectos.**

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (\$)</b>	<b>Total</b>
<b>Desechos de Brócoli</b>	Kg	1	0,35	0,35
<b>Desechos de curtiembre</b>	kg	2	0,84	1,68
<b>Ems</b>	Litros	1	6,25	6,25
<b>Melaza</b>	Litros	1	3,80	3,80
				<b>12,08</b>

Elaborado por: Maricela Llerena, 2015

**Tabla C.2: Gastos de equipos**

<b>Equipo</b>	<b>Costo (\$)</b>	<b>Vida útil Años</b>	<b>Costo hora (\$)</b>	<b>Horas utilizadas</b>	<b>Costo por uso (\$)</b>
<b>Balanza</b>	650	10	0,074	2	0,148
<b>Incubadora</b>	2000	10	0,22	4	0,88
<b>pH- metro</b>	800	10	0,091	2	0,182
<b>Termómetro</b>	90	10	0,010	1	0,010
<b>Higrómetro</b>	250	10	0,028	1	0,028
<b>Recipientes</b>	18	2	0,002	12	0,024
					<b>1,27</b>

Elaborado por: Maricela Llerena, 2015

**Tabla C.3: Gastos de Suministros.**

<b>Servicio</b>	<b>Unidad</b>	<b>Consumo</b>	<b>Precio Unitario (\$)</b>	<b>Total</b>
<b>Agua</b>	Litros	18 lt	0,0032	0,058
				<b>0,058</b>

Elaborado por: Maricela Llerena, 2015

**Tabla C.4: Gastos del Personal.**

<b>Personas</b>	<b>Sueldo</b>	<b>Costo día (\$)</b>	<b>Costo hora (\$)</b>	<b>Horas utilizadas</b>	<b>Total</b>
1	340	17	2,13	4	<b>8,50</b>

Elaborado por: Maricela Llerena, 2015

**Tabla C.5: Costos de Producción.**

<b>Materiales directos e indirectos</b>	12,08
<b>Equipos</b>	1,27
<b>Suministro</b>	0,058
<b>Personal</b>	8,50
<b>Total</b>	<b>21,91</b>

Elaborado por: Maricela Llerena, 2015

# **ANEXO D**

# **FUNDAMENTACIÓN LEGAL**



## **Norma chilena Oficial 2880**

### **Compost - clasificación y requisitos**

**3.8** Compost: producto que resulta del proceso de compostaje. Está constituido principalmente por materia orgánica estabilizada, donde no se reconoce su origen, puesto que se degrada generando partículas más finas y oscuras.

**3.9** compostaje: proceso de tipo físico, químico y microbiológico de transformación de la materia orgánica, producido en condiciones aeróbicas, cuyo resultado es generar compost, dióxido de carbono, agua, calor y la higienización del material final. El objetivo es lograr que la actividad de múltiples poblaciones de microorganismos trabajen en condiciones preferentemente aeróbicas mesotérmicas entre 10°C y 40°C y termogénicas entre 40°C y 75°C para asegurar la pasteurización del producto. Este proceso genera finalmente un producto estable, maduro, de color marrón oscuro o negro ceniza, sin olores desagradables, denominado compost. Los procesos deben ser letales para organismos patógenos, parásitos y elementos germinativos como esporas y semillas.

**3.12** Etapas en el proceso de compostaje: hitos del proceso que se identifican por características específicas propias de cada uno de ellos. De acuerdo a la secuencia en que ocurre el proceso, se reconocen las etapas mesofílica; termofílica; de enfriamiento; y de maduración

**3.18** Métodos de compostaje: métodos de dichos procesos que usan camellones o parvas, con ventilación libre o forzada u otros sistemas con reactores, instalaciones semi industriales o industriales por el alto volumen de materia prima que pueden utilizar. Tales plantas de compostaje pueden poseer grandes contenedores móviles que posibiliten la mezcla continua y homogénea de toda la masa de compostaje. Los métodos de compostaje se realizan en áreas o instalaciones fijas, con o sin estructuras mecanizadas, que manejan desde pequeños a grandes

volúmenes de desechos orgánicos, los cuales son mezclados cada cierto tiempo o en procesos continuos de homogeneización de la masa orgánica.

De acuerdo a su nivel de calidad, el compost se clasifica en las Clases siguientes:

a) Compost Clase A: producto de alto nivel de calidad que cumple con las exigencias establecidas en esta norma para el compost Clase A. Debe cumplir con las concentraciones máximas de metales pesados de Tabla 3. Su conductividad eléctrica debe ser menor a tres decisiemens por metro (3dS/m) y su relación carbono/nitrógeno debe ser menor o igual a 25. Este producto no presenta restricciones de uso.

b) Compost Clase B: producto de nivel intermedio de calidad que cumple con las exigencias establecidas en esta norma para el compost Clase B. Debe cumplir con las concentraciones máximas de metales pesados de Tabla 4. Su conductibilidad eléctrica debe ser menor a ocho decisiemens por metro (8dS/m) y su relación carbono/nitrógeno debe ser menor o igual a 30. Este producto puede presentar algunas restricciones de uso si su conductividad eléctrica es mayor de tres decisiemens por metro (3dS/m)

**5.2.1** Todos los residuos orgánicos agrícolas, forestales, ganaderos, urbanos, sólidos y líquidos, de agroindustria, y otros, no contaminados con materias no biodegradables por sobre las tolerancias de esta norma pueden ser utilizadas como materia prima para compostaje.

**5.2.2 Se consideran materias primas para compostaje los materiales compostables siguientes:**

a) de la producción agrícola de frutas, hortalizas, legumbres, cereales, fibras, aceites comestibles, tabaco y otros similares.

b) de industrias de conservas, deshidratados, congelados, packings, industrias de tabaco e industrias de levaduras.

- c) de sistemas pecuarios.
- d) de industrias de preparación y transformación de carnes, pescado y subproductos de sistemas pecuarios.
- e) de la industria azucarera
- f) de la industria lechera
- g) de la industria panadera, pastelera y confitera
- h) de la industria de bebidas alcohólicas y analcohólicas
- i) de la industria del papel
- j) de la selección en procesos de la industria de fibras naturales
- k) de la industria del cuero que no contengan cromo
- l) de residuos orgánicos domiciliarios
- m) de materias vegetales de parques, cementerios, clubes, jardines, podas de árboles
- n) de la industria de la madera;
- o) del aseo de ferias libres, vegas, mercados y supermercados; p) de lodos de plantas de tratamientos secundarios provenientes de la agroindustria
- q) de lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas servidas
- r) de aserrines de la industria aceitera
- s) de la industria fúngica
- t) de otras que establezca la Autoridad Competente.

## 5.4 Requisitos físicos y químicos

### 5.4.1 Contenido de nutrientes

El compost debe tener contenidos de nitrógeno total mayor o igual a 0,5%, expresado sobre base seca.

### 5.4.2 Olores

El compost debe presentar olores característicos de este producto sin olores desagradables como por ejemplo, compuestos sulfurosos, amoniacales, mercaptanos y/o de azufre reducido, entre otros.

### 5.4.3 Humedad

El compost debe presentar un contenido de humedad entre 30% y 45% de la masa del producto, en base húmeda.

### 5.4.4 Metales pesados

a) El compost Clase A, proveniente de lodos estabilizados o tratados o de otras materias primas establecidas en la presente norma, debe cumplir con los requisitos de concentraciones máximas de metales pesados indicados en Tabla 3 siguiente:

Tabla 3 - Concentraciones máximas de metales pesados en compost

Metal pesado	Concentración máxima en mg/kg de compost (base seca) <sup>1)</sup>
Arsénico	15
Cadmio	2
Cobre	100
Cromo	120
Mercurio	1
Níquel	20
Plomo	100
Zinc	200

1) Concentraciones expresadas como contenidos totales.

b) El compost Clase B, proveniente de lodos estabilizados o tratados o de otras materias primas establecidas en la presente norma, que no cumpla con los requisitos establecidos en Tabla 3 debe, a lo menos, cumplir con los requisitos de concentraciones máximas permitidas de metales pesados indicados en Tabla 4 siguiente:

**Tabla 4 - Concentraciones máximas de metales pesados en compost producidos en base a lodos**

Metal pesado	Concentración máxima en mg/kg de compost (base seca) <sup>1)</sup>
Arsénico	20
Cadmio	8
Cobre	1 000
Cromo	600
Mercurio	4
Níquel	80
Plomo	300
Zinc	2 000
1) Concentraciones expresadas como contenidos totales.	

**5.4.5 Conductividad eléctrica** Las distintas clases de compost deben cumplir con los requisitos de conductividad eléctrica, medida en base a una dilución 1:5, siguientes:

a) Para el compost Clase A, la conductividad eléctrica debe ser menor a 3 dS/m.

b) Para el compost Clase B, la conductividad eléctrica debe ser menor o igual a 8 dS/m.

**5.4.6 Relación carbono/nitrógeno (C/N), expresada como el cociente entre carbono orgánico total y nitrógeno total.**

Las distintas clases de compost deben cumplir con los requisitos de relación C/N siguientes:

a) Para el compost Clase A, la relación C/N debe ser menor o igual a 25.

b) Para el compost Clase B, la relación C/N debe ser menor o igual a 30.

5.4.7 Madurez El compost debe cumplir los requisitos de madurez que se establecen en los puntos a) y b) siguientes:

a) La relación C/N debe ser menor o igual a 30. Si no cumple esta condición, el compost se considera inmaduro y no se le aplica otro ensayo.

#### **5.4.8 pH**

El pH del compost debe estar comprendido entre 5,0 y 8,5. 5.4.9 Materia orgánica El compost debe tener un contenido de materia orgánica mayor o igual a 20%. (INN, 2005)

# **ANEXO E**

# **FOTOGRAFÍAS**

**Foto E.1. Residuos del proceso de descarne.**



**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Foto E.2. Residuos de brócoli.**



**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015



**Foto E.3. Activación de Microorganismos.**



**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Foto E.4. Activación de Microorganismos.**



**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Foto E.5. Peso de residuos.**



**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Foto E.6. Preparación de tratamientos.**



**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Foto E.7. Preparación de tratamientos.**



**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015

**Foto E.8. Tratamientos preparados.**



**Elaborado por:** Maricela Llerena, 2015