



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**Proyecto de Investigación  
previo a la Obtención del Título  
de Ingeniera Agrónoma**

**Título del Proyecto de Investigación:**

Aceleración y descomposición de sustratos orgánicos en la elaboración de compost mediante el uso de diferentes sustancias (azúcar, melaza, caña de azúcar)

**Autora:**

Esther Mariela Mayorga Ruíz

**Director del Proyecto de Investigación:**

Ing. Agr. M. Sc. Luis Tarquino Llerena Ramos

Quevedo – Ecuador

2016

**DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, **Esther Mariela Mayorga Ruíz**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

Esther Mariela Mayorga Ruíz  
**Autora**

## **CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

El suscrito **Ing. M. Sc. Luis Tarquino Llerena Ramos**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Esther Mariela Mayorga Ruíz**, realizó el Proyecto de Investigación titulado “**ACELERACIÓN Y DESCOMPOSICIÓN DE SUSTRATOS ORGÁNICOS EN LA ELABORACIÓN DE COMPOST MEDIANTE EL USO DE DIFERENTES SUSTANCIAS (AZÚCAR, MELAZA, CAÑA DE AZÚCAR)**”, previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

---

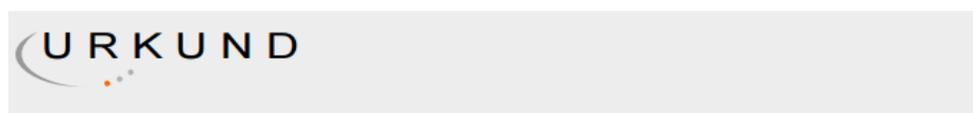
**Ing. M. Sc. Luis Tarquino Llerena Ramos**  
**Director del Proyecto de Investigación**

# CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO



Documento	<a href="#">Proy. Inv. Esther Mayorga 15.12.2016.docx</a> (D24384199)
Presentado	2016-12-15 12:37 (-05:00)
Recibido	rgalbor.uteq@analysis.arkund.com
Mensaje	Proy. Inv. Esther Mayorga 15.12.2016 <a href="#">Mostrar el mensaje completo</a>

9% de esta aprox. 20 páginas de documentos largos se componen de texto presente en 2 fuentes.



## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** Proy. Inv. Esther Mayorga 15.12.2016.docx (D24384199)  
**Submitted:** 2016-12-15 18:37:00  
**Submitted By:** rgaibor@uteq.edu.ec  
**Significance:** 9 %

Sources included in the report:

Proy. Inv. Esther Mayorga 14.12.2016.docx (D24352236)  
<https://docs.com/javier-canche/9931/e-book-innovacion-educativa-2012>

Instances where selected sources appear:

6

---

Ing. M. Sc. Luis Tarquino Llerena Ramos  
**Director del Proyecto de Investigación**



**UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

“ACELERACIÓN Y DESCOMPOSICIÓN DE SUSTRATOS ORGÁNICOS EN LA  
ELABORACIÓN DE COMPOST MEDIANTE EL USO DE DIFERENTES SUSTANCIAS  
(AZÚCAR, MELAZA, CAÑA DE AZÚCAR)”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de:

**Ingeniero Agrónomo**

Aprobado por:

---

Ing. Freddy Amores Puyutaxi  
**Presidente del Tribunal**

---

Ing. Cesar Varas Maenza  
**Miembro del Tribunal**

---

Ing. Jorge Mendoza Mora  
**Miembro del Tribunal**

Quevedo – Ecuador  
2016

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios el creador de todo por todas sus bendiciones  
derramadas sobre mí y mis seres queridos.

A mis padres por guiarme por el camino del bien.

A mi hermana por estar conmigo en todo momento.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias de la  
UTEQ por compartir sus conocimientos.

Esther Mayorga

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente Proyecto de Investigación en primer lugar a Dios por permitirme nacer y crecer en una familia maravillosa.

A mis padres, pilares fundamentales de mi vida.

A mi hermana, quien me ha apoyado en todo momento.

A mi esposo y mi hijo por ser el motor que mueve mi vida y mi motivación para superarme personal y profesionalmente.

Esther Mayorga

## RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo a fin de evaluar el efecto de diferentes sustancias adicionales al compost para acelerar su descomposición. En ensayo se realizó en la Finca Experimental “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicado en el Km 7.5 de la Vía Quevedo – El Empalme. Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos en cuatro repeticiones, siendo los tratamientos: azúcar, melaza, jugo de caña de azúcar y un testigo. El tratamiento con melaza disminuyó en seis días el período de descomposición con relación al testigo, es decir en un 9.68%. Los resultados de las evaluaciones de temperatura tanto al inicio como al final del ensayo no reflejaron diferencias significativas, evidenciándose que el tratamiento con melaza experimentó un mayor descenso de temperatura con 8.7 °C. El contenido de humedad de los montículos con la aplicación de las diferentes sustancias adicionadas, no registro diferencias significativas, registrando promedios que oscilaron entre 56.5 y 59.0%. Aplicando melaza se obtuvo un menor peso final con 39.3 Kg, reflejando una pérdida de peso de 10.8 Kg, lo que se puede atribuir a un mejor proceso de descomposición de la materia orgánica. Los niveles de pH de los montículos de compost con la aplicación de diferentes sustancias, no difirieron significativamente, reflejando un pH entre 8.0 y 8.4. El contenido nutricional de los montículos de compost con la adición de los tratamientos en estudio, no difirieron significativamente. El tratamiento con melaza representa una gran opción ya que facilita la obtención de compost de mejores características.

**Palabras Claves:** compost, agricultura orgánica, abonos orgánicos.

## SUMMARY

The present investigation was carried out in order to evaluate the effect of different substances additional to the compost to accelerate their decomposition. The experiment was carried out at the Experimental Farm "La María" of Quevedo State Technical University, located at Km 7.5 of the Via Quevedo - El Empalme. A completely randomized design was used with four treatments in four replicates, being the treatments: sugar, molasses, sugarcane juice and a control. The treatment with molasses decreased in six days the period of decomposition in relation to the control, that is to say in 9.68%. The results of the temperature evaluations at the beginning and at the end of the trial did not show any significant differences, evidencing that the treatment with molasses experienced a greater drop in temperature with 8.7 ° C. The moisture content of the mounds with the application of the different substances added, did not register significant differences, registering averages that oscillated between 56.5 and 59.0%. Applying molasses obtained a lower final weight with 39.3 kg, reflecting a weight loss of 10.8 kg, which can be attributed to a better decomposition process of organic matter. The pH levels of the mounds of compost with the application of different substances did not differ significantly, reflecting a pH between 8.0 and 8.4. The nutritional content of compost mounds with the addition of the treatments under study did not differ significantly. The treatment with molasses represents a great option since it facilitates the obtaining of compost of better characteristics.

**Key words:** compost, organic agriculture, organic fertilizers.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
Portada.....	i
Declaración de Autoría y Cesión de Derechos.....	ii
Certificación de Culminación del Proyecto de Investigación .....	iii
Reporte de la Herramienta de Prevención de Coincidencia y/o Plagio Académico.....	iv
Certificación de Aprobación por Tribunal de Sustentación .....	v
Agradecimiento .....	vi
Dedicatoria.....	vii
Resumen .....	viii
Summary.....	ix
Tabla de Contenido.....	x
Índice de Tablas.....	xiii
Índice de Anexos .....	xiii
Código Dublín .....	xv
Introducción.....	1
CAPÍTULO I: CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
1.1.1 Planteamiento del Problema .....	3
1.1.2 Formulación del Problema.....	3
1.1.3 Sistematización del Problema.....	3
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivo General.....	4
1.2.2 Objetivos Específicos .....	4
1.3 Justificación .....	4
CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN .....	5

2.1 Marco Teórico .....	6
2.1.1 Agricultura Orgánica .....	6
2.1.2 Importancia de la Agricultura Ecológica.....	7
2.1.3 Fertilización Orgánica .....	11
2.1.3.1 Beneficios de la Fertilización Orgánica.....	12
2.1.3.2 Influencia de los Abonos Orgánicos en los Cultivos.....	13
2.1.4 Generalidades del Uso de Compost.....	14
2.1.4.1 Beneficios del Uso de Compost .....	14
2.1.4.2 Procedimiento para Elaborar Compost.....	15
2.1.4.3 Factores que Condicionan el Proceso de Compostaje .....	16
2.1.4.4 Fases del Compostaje .....	23
2.1.4.5 Material Compostable.....	24
2.1.4.6 Aplicación del Compost .....	25
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	28
3.1 Localización.....	29
3.2 Tipo de Investigación .....	29
3.3 Métodos de Investigación.....	29
3.4 Fuentes de Recopilación de Información .....	29
3.5 Diseño Experimental y Análisis Estadístico.....	30
3.6 Instrumentos de Investigación .....	30
3.6.1 Tratamientos Estudiados.....	30
3.6.2 Especificaciones de la Unidad Experimental .....	31
3.6.3 Especificaciones del Experimento.....	31
3.6.4 Variables de Respuesta y Metodología de Evaluación.....	31
3.6.4.1 Número de Días a la Descomposición.....	31

3.6.4.2 Temperatura.....	31
3.6.4.3 Humedad.....	32
3.6.4.4 Peso del Sustrato.....	32
3.6.4.5 Contenido de Nutrientes .....	32
3.6.5 Manejo del Experimento .....	32
3.6.5.1 Limpieza del Terreno.....	33
3.6.5.2 Preparación del Sustrato .....	33
3.6.5.3 Riego y Volteo.....	33
3.6.5.4 Toma de Muestras .....	33
3.7 Recursos Humanos y Materiales .....	33
3.7.1 Recursos Humanos .....	34
3.7.2 Recursos Materiales.....	34
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
4.1 Resultados.....	36
4.1.1 Número de Días a la Descomposición.....	36
4.1.2 Temperatura.....	36
4.1.3 Humedad (%).....	37
4.1.4 Peso Final y Peso Perdido (Kg).....	38
4.1.5 Contenidos Nutricional de los Sustratos.....	38
4.2 Discusión .....	41
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	44
5.1 Conclusiones.....	45
5.2 Recomendaciones .....	46
CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA.....	47
6.1 Bibliografía Citada .....	48

CAPÍTULO VII: ANEXOS .....	52
----------------------------	----

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Esquema del análisis de varianza (ADEVA) del experimento .....	30
Tabla 2	Descripción de los tratamientos estudiados .....	30
Tabla 3	Número de días a la descomposición de los montículos.....	36
Tabla 4	Temperatura inicial, final y descenso de temperatura.....	37
Tabla 5	Porcentaje de humedad en los montículos de compost.....	37
Tabla 6	Peso final y peso perdido de los montículos de compost.....	38
Tabla 7	Contenido nutricional de los montículos de compost .....	40

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Análisis de varianza de la variable días a la descomposición .....	53
Anexo 2	Análisis de varianza de la variable temperatura inicial (°C).....	53
Anexo 3	Análisis de varianza de la variable temperatura final (°C).....	53
Anexo 4	Análisis de varianza del variable descenso de temperatura (° C) .....	53
Anexo 5	Análisis de varianza del variable porcentaje de humedad.....	54
Anexo 6	Análisis de varianza del variable peso final (Kg) .....	54
Anexo 7	Análisis de varianza del variable peso perdido (Kg).....	54
Anexo 8	Registro de datos del experimento .....	55

Anexo 9	Construcción de los montículos a compostar al inicio del ensayo.....	56
Anexo 10	Montículos de compost cubiertos con plástico para incrementar la temperatura y acelerar la descomposición del sustrato.....	56
Anexo 11	Identificación de los montículos de acuerdo a los tratamientos estudiados en el ensayo .....	57
Anexo 12	Compost en proceso de descomposición.....	57
Anexo 13	Resultados del análisis de los sustratos .....	58

## CÓDIGO DUBLÍN

<b>Título:</b>	ACELERACIÓN Y DESCOMPOSICIÓN DE SUSTRATOS ORGÁNICOS EN LA ELABORACIÓN DE COMPOST MEDIANTE EL USO DE DIFERENTES SUSTANCIAS (AZÚCAR, MELAZA, CAÑA DE AZÚCAR)
<b>Autor:</b>	Esther Mariela Mayorga Ruíz
<b>Palabras clave:</b>	compost, agricultura orgánica, abonos orgánicos
<b>Fecha de publicación</b>	
<b>Editorial:</b>	
<b>Resumen:</b>	<p>La presente investigación se llevó a cabo a fin de evaluar el efecto de diferentes sustancias adicionales al compost para acelerar su descomposición. En ensayo se realizó en la Finca Experimental “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicado en el Km 7.5 de la Vía Quevedo – El Empalme. Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos en cuatro repeticiones, siendo los tratamientos: azúcar, melaza, jugo de caña de azúcar y un testigo. El tratamiento con melaza disminuyó en seis días el período de descomposición con relación al testigo, es decir en un 9.68%. Los resultados de las evaluaciones de temperatura tanto al inicio como al final del ensayo no reflejaron diferencias significativas, evidenciándose que el tratamiento con melaza experimentó un mayor descenso de temperatura con 8.7 °C. El contenido de humedad de los montículos con la aplicación de las diferentes sustancias adicionadas, no registro diferencias significativas, registrando promedios que oscilaron entre 56.5 y 59.0%. Aplicando melaza se obtuvo un menor peso final con 39.3 Kg, reflejando una pérdida de peso de 10.8 Kg, lo que se puede atribuir a un mejor proceso de descomposición de la materia orgánica. Los niveles de pH de los montículos de compost con la aplicación de diferentes sustancias, no difirieron significativamente, reflejando un pH entre 8.0 y 8.4. El contenido nutricional de los montículos de compost con la adición de los tratamientos en estudio, no difirieron significativamente. El tratamiento con melaza representa una gran opción ya que facilita la obtención de compost de mejores características.</p>
<b>Descripción:</b>	
<b>URL</b>	

## INTRODUCCIÓN

Es de vital importancia ofrecer alternativas a la problemática de la escasez de suelos de buena calidad para la producción de la agricultura familiar por medio de estrategias sencillas y de bajo costo. El productor puede aprender a generar enmiendas orgánicas para sus cultivos. El compost permite el reciclaje de residuos orgánicos, reduciendo la contaminación y el costo de fertilizantes como insumo para la producción agrícola.

La necesidad de disminuir considerablemente el uso de productos químicos artificiales obliga a buscar alternativas fiables y sostenibles. En la agricultura ecológica predominan los abonos orgánicos y, cada vez más, se utiliza en los cultivos intensivos. Dentro de este tipo de agricultura, el manejo del suelo es trascendental y se relaciona con el mejoramiento de sus características físicas, químicas y biológicas (FONAG, 2010).

Los abonos orgánicos son fuente de vida bacteriana para el suelo y necesarios para la nutrición de las plantas, posibilitando la degradación de los nutrientes del suelo y permitiendo que las plantas lo asimilen de mejor manera, ayudando al mejoramiento del desarrollo de los cultivos. Su uso es recomendable para toda clase de suelos, especialmente, para aquellos de bajo contenido en materia orgánica, desgastados por efecto de la erosión y el uso continuado, contribuyendo a regenerar su capacidad agrícola (FONAG, 2010).

En el Ecuador actualmente se está promoviendo el uso de abonos orgánicos obtenidos a partir de diferentes materiales existentes en las mismas unidades productivas, sin embargo antes de ponerlos en práctica es necesario estudiar sus diferentes características y beneficios con la finalidad de tener datos relevantes sobre estos bioproductos, los mismos que ayudarán a elegir los mejores materiales posibles, constituyendo una opción productiva de bajo impacto ambiental para ser usadas por los agricultores, principalmente pequeños que son los que menos recursos invierten en sus fincas.

## **CAPÍTULO I**

# **CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## **Problema de Investigación**

### **1.1.1 Planteamiento del Problema**

Teniendo en cuenta los beneficios del compost y su uso tanto en semilleros como en otras actividades agrícolas, así como el tiempo que demanda su elaboración, se hace indispensable la búsqueda de sustancias y técnicas que aceleren el proceso de descomposición de sustrato utilizado en las composteras a fin de obtener compost en menor tiempo, pero sin dejar de lado las características físicas y nutricionales que esté presente al momento de su recolección. Al acotar el tiempo de procesamiento del compost se facilita su disponibilidad para los cultivos en momentos oportunos. Por tanto hay necesidad de realizar estudios con este propósito.

### **1.1.2 Formulación del Problema**

¿Cuál es el efecto de diferentes sustancias para acelerar la descomposición de los sustratos orgánicos y obtener un compost de buenas características y en el menor tiempo posible?

### **1.1.3 Sistematización del Problema**

Para buscar respuestas respuesta a la gran interrogante en que se reserva el problema este se sistematiza en las siguientes cuestiones:

¿Cuál es el efecto de las sustancias aceleradoras sobre las características físicas del compost?

¿Cómo influyen las sustancias aceleradoras de la formación del compost sobre su contenido nutricional?

¿Qué sustancia aceleradora de la formación de compost tienes más capacidad para producir cambios favorables?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Evaluar el efecto de diferentes sustancias para acelerar la descomposición de los sustratos orgánicos y obtener un compost de buenas características y en el menor tiempo posible.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Establecer el efecto de las sustancias en estudio sobre las características físicas del compost.
- Determinar el tratamiento que permita obtener compost de mayor contenido nutricional.
- Determinar la sustancia que acelere la descomposición de los sustratos orgánicos.

## **1.3 Justificación**

La presente investigación se justifica mediante la identificación de sustancias aceleradoras que además de acortar el proceso de formación de compost, permitan obtener un bioproducto con características físicas que permitan darle un uso idóneo en diferentes actividades agrícolas que demanden su utilización, sin dejar de lado su contenido nutricional que es un factor importante para suplir los requerimientos nutricionales de las plántulas, ya que el principal uso del compost es como sustrato en semilleros y viveros.

Los resultados de la presente investigación servirán de guía para establecer materiales idóneos existentes dentro de las mismas unidades productivas, promoviendo de esta manera el uso de bioproductos, que en este caso es el compost que al ser obtenido en menor tiempo puede ser utilizado al momento oportuno, y además al tener una idea del tiempo que demanda su elaboración se puede planificar dicho proceso de acuerdo a sus requerimientos en campo.

## **CAPÍTULO II**

# **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **2.1 Marco Teórico**

### **2.1.1 Agricultura Orgánica**

La agricultura orgánica es una estrategia de desarrollo que trata de cambiar algunas de las limitaciones encontradas en la producción convencional. Más que una tecnología de producción, la agricultura orgánica es una estrategia de desarrollo que se fundamenta no solamente en un mejor manejo del suelo y un fomento al uso de insumos locales, pero también un mayor valor agregado y una cadena de comercialización más justa (FIDA, 2003).

Es un sistema de producción que evita o excluye ampliamente el uso de fertilizantes, plaguicidas, reguladores del crecimiento y aditivos para la alimentación animal compuestos sintéticamente. Los sistemas de agricultura orgánica se basan en la rotación de cultivos, utilización de estiércol de animales, leguminosas, abonos verdes, residuos orgánicos originados fuera del predio, cultivo mecánico, minerales naturales y aspectos de control biológico de plagas para mantener la estructura y productividad del suelo, aportar nutrientes para las plantas y controlar insectos, malezas y otras plagas (Perazzoli, 2000).

Se puede decir que la agricultura orgánica, es una forma por la que el hombre puede practicar la agricultura acercándose en lo posible a los procesos que desencadenan de manera espontánea en la naturaleza. Este acercamiento presupone el uso adecuado de los recursos naturales que intervienen en los procesos productivos, sin alterar su armonía (Durán, 2004).

En la agricultura orgánica se pueden obtener buenos niveles productivos, evitando al mismo tiempo todo tipo de riesgos de contaminación química para el trabajador rural, para el consumidor final y medio ambiente. Es posible asimismo obtener una producción sostenida y contribuir simultáneamente a la conservación y recuperación de los recursos naturales (CEADU, Sf)

La agricultura orgánica rescata las prácticas tradicionales de producción, sin descartar los avances tecnológicos no contaminantes, más bien los incorpora adaptándolos a cada situación particular. La agricultura orgánica es la conjunción de prácticas ancestrales, como el uso de terrazas por los Incas, con la agricultura tradicionalmente biodiversa de nuestros campesinos, vinculada a nueva tecnología apropiada (Soto, 2003).

Con esta agricultura se benefician tanto productores (as) como consumidores (as). Los primeros se ven beneficiados al eliminarse todo tipo de sustancias y agentes tóxicos. De igual forma, se dinamiza un proceso paulatino de recuperación del equilibrio del sistema productivo. Los consumidores se favorecen al consumir productos totalmente saludables. A su vez, ambos gozan de los beneficios de un ambiente más sano (CEDECO, 2005).

Los productos que se obtienen mediante técnicas de producción agroecológica gozan de buena calidad expresadas en términos sanitarios, gustativos e integralidad de sus nutrientes, pues no han sido sometidos a la exposición de tóxicos para controlar plagas y enfermedades como tampoco han sido aplicados con colorantes y otros aditivos en el proceso de pos cosecha. De igual manera, al ser el resultado de un proceso productivo natural, su sabor es diferente al de los productos obtenidos con agroquímicos, así, como sus elementos nutritivos son más elevados (Suquilanda, 2006).

### **2.1.2 Importancia de la Agricultura Ecológica**

La agricultura depende del uso de recursos naturales, como la tierra, el suelo, el agua y los nutrientes. A medida que aumenta la demanda de alimentos, y el cambio climático y la degradación de los ecosistemas imponen nuevas limitaciones, la agricultura sostenible tiene que desempeñar un importante papel para conservar los recursos naturales, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, detener la pérdida de biodiversidad y cuidar los paisajes valiosos (Comisió Europea, 2012).

El fundamento científico de la agricultura ecológica es la agroecología, ciencia integradora que se ocupa del estudio de la agricultura desde una perspectiva global: considerando no sólo

el aspecto técnico, o agronómico, sino también los otros aspectos: el social, el económico y el medioambiental (Gonzalvez, 2005; Castillo & Chiluisa, 2013).

Las técnicas de agricultura ecológica constituyen el aspecto agronómico de la agroecología. Se aplican con el objetivo de conservar a largo plazo la fertilidad del suelo y de que el agricultor sea lo más autosuficiente posible, tanto en fertilizantes como en fitosanitarios (Gonzalvez, 2005).

Al contrario de la agricultura convencional, la agricultura ecológica trata de imitar, en lo posible, a la naturaleza. Una expresión de ello es el incremento de la biomasa para abono verde o el aporte de otros abonos orgánicos según principios ecológicos, desistiendo del uso de productos fitosanitarios químicos, marcando de esta manera una diferencia sustancial con la agricultura convencional. En esta agricultura es importante fomentar los microorganismos para mejorar la fertilidad del suelo, considerando la calidad y cantidad de los nutrientes, además de la organización interna de los procesos biológicos (Kolmans & Vásquez, 1999).

La alternativa más viable para la producción sana de alimentos, reducción de la contaminación ambiental y trato más justo con los seres vivos y/o recursos naturales que nos rodean son los sistemas de producción orgánica, fomentando y desarrollando una Agricultura Ecológica y más sostenible que los sistemas actuales que predominan (Gutierrez, 2009). Las tecnologías ecológicas consiguen sus objetivos productivos mediante la diversificación y la intensificación de las interacciones biológicas y procesos naturales beneficiosos que ocurren en los sistemas naturales. Al potenciar estos procesos beneficiosos en los sistemas de cultivo, se logra activar el sistema biológico de nutrición de las plantas y la regulación de los organismos que se pueden convertir en plagas, o enfermedades (Uvigo.es, 2010).

Gonzalvez (2005), señala que los fines de la agricultura ecológica son los siguientes, y resumen lo que se entiende por sostenibilidad en la agricultura:

- Producir alimentos de elevada calidad nutritiva en suficiente cantidad.

- Fomentar e intensificar los ciclos biológicos dentro del sistema agrario, comprendiendo los microorganismos, flora y fauna del suelo, las plantas y los animales.
- Mantener e incrementar a largo plazo la fertilidad de los suelos.
- Emplear en la medida de lo posible recursos renovables en sistemas agrarios organizados localmente.
- Minimizar todas las formas de contaminación producidas por las prácticas agrícolas.
- Mantener la diversidad genética del sistema agrícola y de su entorno.
- Permitir que los productores agrarios lleven una vida acorde con los derechos humanos reconocidos, cubran sus necesidades básicas, obtengan unos ingresos adecuados, reciban satisfacción de su trabajo y dispongan de un entorno natural sano.
- Tener en cuenta el impacto social y ecológico del sistema agrario.

Kolmans & Vásquez (1999), indican que el efecto del abonamiento químico produce las siguientes alteraciones en el suelo:

- El deterioro y reducción del edafón implican una menor liberación y fijación de los nutrientes.
- La disminución del humus aumentan la erosión y lixiviación.
- El suministro de nutrientes en exceso causa la disminución de otros, por efectos antagónicos.
- Alteraciones desfavorables en el pH.

- La inmovilización de nutrientes
- La concentración de sales minerales
- Efecto negativo en la meteorización y el proceso de humificación que altera la liberación de nutrientes.
- La reducción de compuestos y sustancias orgánicas produce el aumento de la susceptibilidad de las plantas a plagas y enfermedades

Los mismos autores dan a conocer algunos fertilizantes usados en la agricultura ecológica entre los que se encuentra:

**a) Abastecimiento Orgánico**

- Abonos verdes
- Excretas de animales
- Residuos de cosecha y de fincas
- Residuos orgánicos domésticos
- Residuos de canal y de pesca
- Residuos de madera (aserrín, viruta)
- Algas y otros vegetales acuáticos
- Humus de lombriz
- Nitrógeno atmosférico (fijado por microorganismos)

## **b) Abastecimiento Mineral**

- Cenizas vegetales.
- Rocas en polvo (fosfóricas, potásicas).
- Ceniza volcánica.
- Cal dolomita.
- Harina de conchas.
- Bentonita.
- Fosfato Thomas (siderúrgicas).

### **2.1.3 Fertilización Orgánica**

La fertilización orgánica ha sido la manera tradicional y casi exclusiva de fertilizar durante siglos, hasta el siglo XX. La efectividad de la fertilización orgánica de los cultivos es conocida de casi todos los agricultores, aunque sus bases teóricas son poco conocidas por los profesionales del ramo, pues son raramente enseñadas en las universidades y escuelas agrícolas. En algunos casos, y en particular para las fincas grandes y las plantaciones agroindustriales, la facilidad logística que generó la fertilización química ha hecho olvidar las bases mismas de la agricultura (Conil, 2010).

Los fertilizantes orgánicos poseen diferentes acepciones en función del país que los regule. Los hay por ejemplo que entienden por fertilizantes orgánicos, aquellos abonos que pueden ser empleados en agricultura ecológica de acuerdo con determinadas normativas internacionales y certificados por empresas externas acreditadas. También los que lo definen como fertilizantes

cuyos nutrientes son contenidos en un material orgánico ya sea de origen animal o vegetal, en los que los principales nutrientes están químicamente enlazados o forman parte de estas matrices orgánicas. En el caso de la normativa española, contempla que un fertilizante orgánico es un producto cuya función principal es aportar nutrientes para las plantas, los cuales proceden de materiales carbonados de origen animal o vegetal (JISA, 2014).

La diferencia que existe entre los fertilizantes químicos-sintéticos y los abonos orgánicos es que los primeros son altamente solubles y son aprovechados por las plantas en menor tiempo, pero generan un desequilibrio del suelo (acidificación, destrucción del sustrato, etc.); mientras que los orgánicos actúan de forma indirecta y lenta. Pero con la ventaja que mejoran la estructura del suelo y se incrementa su capacidad de retención de nutrientes, liberándolos progresivamente en la medida que la planta los demande (MCCH, 2012).

#### **2.1.3.1 Beneficios de la Fertilización Orgánica**

Los beneficios de abonos orgánicos son muchos entre ellos: mejora la actividad biológica del suelo, especialmente con aquellos organismos que convierten la materia orgánica en nutrientes disponibles para los cultivos; mejora la capacidad del suelo para la absorción y retención de la humedad; aumenta la porosidad de los suelos, lo que facilita el crecimiento radicular de los cultivos; mejora la capacidad de intercambio catiónico del suelo es fuente de nutrientes para las plantas; facilita la labranza del suelo. En su elaboración se aprovechan materiales locales, reduciendo su costo; sus nutrientes se mantienen por más tiempo en el suelo; se genera empleo rural durante su elaboración; son amigables con el medio ambiente porque sus ingredientes son naturales; aumenta el contenido de materia orgánica del suelo y lo mejor de todo, son más baratos. Ingredientes del abono orgánico como la cal, mejoran el nivel de pH del suelo, facilitando la liberación de nutrientes para las plantas (PYMERURAL, 2011).

Los fertilizantes orgánicos además de ser un suministro nutricional, adicionan componentes elementales para la corrección o enmienda de la parte física y biológica de los suelos. El fertilizante orgánico cumple fundamental importancia, pues es el primer eslabón para mantener con vida saludable al recurso natural suelo y evitar su contaminación esquilma,

como es lo que provoca el uso inadecuado o irracional de agroquímicos (Mansilla & Hudson, 2007).

La elaboración y manejo de los abonos orgánicos actualmente impulsa en el mundo una tendencia a la producción y consumo de productos alimenticios obtenidos de manera "limpia", es decir, sin el uso de insecticidas, biácidas, fertilizantes sintéticos, etc (Ausay, 2007).

Actualmente los fertilizantes inorgánicos suelen ser más baratos y con dosis más precisas y más concentradas. Sin embargo, salvo en cultivo hidropónico, siempre es necesario añadir los abonos orgánicos para reponer la materia orgánica del suelo. Actualmente el consumo de fertilizante orgánico está aumentando debido a la demanda de alimentos orgánicos y la concienciación en el cuidado del medio ambiente (Paqui, 2012).

La fertilización orgánica plantea nuevos desafíos a los países y sus instituciones, especialmente en la posibilidad de contribuir a la calidad del medio ambiente, la generación de ingresos y la seguridad alimentaria. Una decisión informada, basada en la ciencia y la tecnología respecto a la agricultura orgánica debe integrarse dentro de una gama de opciones agrícolas y hortícolas sostenibles con el apoyo de la investigación y la extensión que permitan apoyar oportunidades comerciales a niveles nacionales e internacionales (Quinto, 2013).

### **2.1.3.2 Influencia de los Abonos Orgánicos en los Cultivos**

La mayoría de los cultivos muestra una clara respuesta a la aplicación de los abonos orgánicos, de manera más evidente bajo condiciones de temporal y en suelos sometidos al cultivo de manera tradicional y prolongada. No en vano, los abonos orgánicos están considerados universales por el hecho que aportan casi todos los nutrimentos que las plantas necesitan para su desarrollo. Es cierto que, en comparación con los fertilizantes químicos, contienen bajas cantidades de nutrimentos; sin embargo, la disponibilidad de dichos elementos es más constante durante el desarrollo del cultivo por la mineralización gradual a que están sometidos (Trinidad, 2014).

Los abonos orgánicos deben considerarse como la mejor opción para la sostenibilidad del recurso suelo; su uso ha permitido aumentar la producción y la obtención de productos agrícolas orgánicos; esto es, ha apoyado al desarrollo de la que se considera como un sistema de producción agrícola orientado a la producción de alimentos de alta calidad nutritiva sin el uso de insumos de síntesis comercial. Los productos obtenidos bajo este sistema de agricultura consideran un sobreprecio por su mejor calidad nutritiva e inexistencia de contaminantes nocivos para la salud (Trinidad, 2014).

## **2.1.4 Generalidades del Uso de Compost**

El compostaje es un proceso de transformación de la materia orgánica para obtener compost, un abono natural; el mismo que se basa en el reciclado y reutilización de la materia orgánica existente en la finca mediante la fermentación aeróbica (Tavera, Villanueva, & Escamilla, 2010). El aprovechamiento de estos residuos como medio eficiente de reciclaje racional de nutrimentos, mediante su transformación en abonos orgánicos, ayuda al crecimiento de las plantas y contribuye a mejorar o mantener muchas propiedades del suelo (Ramos & Terry, 2014).

### **2.1.4.1 Beneficios del Uso de Compost**

Tavera, Villanueva, & Escamilla (2010), señala que el compost:

- Favorece la aireación y la retención de humedad. Junto con las arcillas fomenta la formación de agregados más estables. En suelos arenosos ayuda a la retención del agua.
- Mejora la estructura del suelo. Por esta característica y porque permite la absorción del agua, es un agente preventivo de la erosión.
- Favorece el almacenamiento de nutrimentos y su disponibilidad para los vegetales.

- Provee un medio donde infinidad de microorganismos se desenvuelven; algunos procesan los residuos para convertirlos en humus y otros procesan el humus para aprovecharlo o generar alimento para otros. Es la “casa” del sistema vivo del suelo.
- Favorece la absorción de los rayos solares debido a su color oscuro y, por tanto, el aumento de la temperatura del suelo en ciertas estaciones del año.

#### **2.1.4.2 Procedimiento para Elaborar Compost**

- Se hace un montón con los materiales en forma de montículo, como de un metro de alto.
- Hacer capas con los materiales de la siguiente manera: residuos de cosecha de maíz, aserrín, estiércol, tamo de arroz, sin embargo al igual que otro tipos de abonos orgánicos, esto no son los únicos materiales que se pueden compostar. Se pueden integrar otros materiales a fin de aportar diferentes nutrientes al mismo.
- Se cubre el montículo con un plástico negro para concentrar radiación solar.
- Semanalmente regar para acelerar el proceso de descomposición y volver a cubrirlo con el plástico.
- Cuando se observe un alto grado de descomposición, se lo voltea, riega y se lo cubre.
- Periódicamente se lo voltea y riega cada 15 días, con la finalidad de mantener la temperatura y el nivel de humedad en los montículos.

Palmero (2010), sostiene que existen varias pruebas de orientación a la hora de valorar el estado del compost y su idoneidad para su uso, entre los cuales detalla:

- **Olor:** deber ser agradable, a tierra de monte o mantillo. Si desprende olores a podrido y desagradables, es indicador de una fermentación incompleta o anaerobia. Si por el

contrario el compost no huele o huele a tierra seca, se trata de un compost viejo o muy descompuesto.

- **Textura:** un buen compost debe presentar una textura suelta y algo granulosa, no debe ser pegajosa ni polvorienta.
- **Color y aspecto:** el compost bien hecho presenta un color oscuro y parduzco, siendo difícilmente reconocibles sus componentes originales.
- **Prueba de la mano:** esta es un excelente biodetector, ya que un puñado de compost correcto ni gotea ni se desmenuza

#### **2.1.4.3 Factores que Condicionan el Proceso de Compostaje**

- **Temperatura**

Se consideran óptimas las temperaturas del intervalo 35-55 °C para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos funcionales para el proceso mueren y otros no actúan al estar esporados (Pérez, 2003).

Por la evolución de la temperatura se puede juzgar la eficiencia y el grado de estabilización a que ha llegado el proceso, ya que existe una relación directa entre la temperatura y la magnitud de la degradación de la materia orgánica. Asimismo, existe una relación directa entre la degradación y el tiempo durante el cual la temperatura ha sido alta. A veces la temperatura puede llegar a ser tan alta que inhibe el crecimiento de los propios microorganismos, conociéndose este fenómeno como suicidio microbiano (Bueno, Díaz, & Cabrera, s.f.).

Cada especie de microorganismo tiene un intervalo de temperatura óptima en el que su actividad es mayor y más efectiva: 15-40 °C para los microorganismos mesófilos y 40-70 °C para los termófilos (Suler & Finstein, 1977). Los microorganismos que resulten beneficiados a

una temperatura concreta son los que principalmente descompondrán la materia orgánica del residuo, produciéndose un desprendimiento de calor. Este calor provoca una variación de la temperatura de la pila que dependerá de la adecuación de los demás factores a los intervalos óptimos, del tamaño de la pila (el calor generado es proporcional al volumen o masa de la pila, pero la pérdida es proporcional a la superficie), de las condiciones ambientales y del tipo de adición de aire a la pila, ya sea con volteos o con aire a presión (Ekinci, Keener, & Elwell, 2004).

- **Humedad**

Siendo el compostaje un proceso biológico de descomposición de la materia orgánica, la presencia de agua es imprescindible para las necesidades fisiológicas de los microorganismos, ya que es el medio de transporte de las sustancias solubles que sirven de alimento a las células y de los productos de deshecho de las reacciones que tienen lugar durante dicho proceso, considerándose que la humedad de los materiales es la variable más importante en el compostaje y ha sido calificada como un importante criterio para la optimización del compostaje (Bueno, Díaz, & Cabrera, s.f.).

En el proceso de compostaje es importante el contenido de humedad oscile del 40-60 %, sin embargo este porcentaje también depende de tipo de residuos compostados. Si es mayor, el agua ocupará todos los poros y por lo tanto el proceso se volvería anaeróbico, es decir se produciría una putrefacción de la materia orgánica. Si la humedad es excesivamente baja se disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso es más lento. El contenido de humedad dependerá de las materias primas empleadas. Para materiales fibrosos o residuos forestales gruesos la humedad máxima permisible es del 75-85 %, mientras que para material vegetal fresco oscila entre 40-60% (Pérez, 2003).

La importancia de una humedad apropiada fue demostrada por Shulze (1962). Este autor estudió la variación de la cantidad de oxígeno consumido por una masa inicial durante el compostaje, en un reactor cerrado a una temperatura constante, en función de la humedad.

Pequeñas variaciones de humedad provocaban grandes cambios en la temperatura (Bueno, Díaz, & Cabrera, s.f.).

La humedad de la masa de compostaje debe ser tal que el agua no llegue a ocupar totalmente los poros de dicha masa, para que permita la circulación tanto del oxígeno (ya que el proceso debe desarrollarse en condiciones aerobias), como la de otros gases producidos en la reacción (Miyatake & Iwabuchi, 2006).

La humedad óptima para el crecimiento microbiano está entre el 50-70%; la actividad biológica decrece mucho cuando la humedad está por debajo del 30%; por encima del 70% el agua desplaza al aire en los espacios libres existentes entre las partículas, reduciendo la transferencia de oxígeno y produciéndose una anaerobiosis. Cuando las condiciones se hacen anaerobias se originan malos olores y disminuye la velocidad del proceso (Bueno, Díaz, & Cabrera, s.f.).

El exceso de humedad puede ser reducido con una mayor aireación, es decir con la ejecución de volteos con mayor frecuencia. A su vez, con un buen control de la humedad y de la aireación, puede llevarse a cabo el control de la temperatura. Esto es debido a que durante el proceso de compostaje se debe llegar a un equilibrio entre los poros entre partículas (de tamaño variable) que pueden llenarse de aire o de agua. Por lo tanto, la humedad ideal depende del tipo de residuo; así se ha encontrado que, para la paja de cereales está entre 75 y 85%, para astillas de madera entre 75 y 90% y para residuos sólidos urbanos (RSU) entre 50 y 55% (Bueno, Díaz, & Cabrera, s.f.).

- **pH**

El pH tiene una influencia directa en el compostaje debido a su acción sobre la dinámica de los procesos microbianos. En muchos trabajos se usa esta variable para estudiar la evolución del compostaje. Sin embargo, la medida que se realiza en el laboratorio sobre el extracto acuoso de las muestras tomadas en las montículos de compost, es sólo una aproximación del pH “in situ” (Sundberg, Smars, & Jonsson, 2004).

Mediante el seguimiento del pH se puede obtener una medida indirecta del control de la aireación de la mezcla, ya que si en algún momento se crean condiciones anaeróbicas se liberan ácidos orgánicos que provocan el descenso del pH (Bueno, Díaz, & Cabrera, s.f.). Influye en el proceso debido a su acción sobre microorganismos. En general los hongos toleran un margen de pH entre 5-8, mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia (pH= 6-7,5) (Pérez, 2003).

Suler & Finstein (1977) establecieron una relación entre los cambios de pH y la aireación de la mezcla, concluyendo que un compostaje con la aireación adecuada conduce a productos finales con un pH entre 7 y 8; valores más bajos del pH son indicativos de fenómenos anaeróbicos y de que el material aún no está maduro. Posteriormente estos mismos autores estudiaron las relaciones pH-aireación-microorganismos existentes en el proceso, y dedujeron que la degradación orgánica se inhibe a pH bajos, por lo que si el pH se mantiene por encima de 7,5 durante el proceso es síntoma de una buena descomposición.

- **Oxígeno**

Al ser un proceso aeróbico, se hace primordial la presencia de oxígeno, y su concentración está determinada por el material usado así como de la humedad y frecuencia con que se realice el volteo (Pérez, 2003).

Para el correcto desarrollo del compostaje es necesario asegurar la presencia de oxígeno, ya que los microorganismos que en él intervienen son aerobios. Las pilas de compostaje presentan porcentajes variables de oxígeno en el aire de sus espacios libres: la parte más externa contiene casi tanto oxígeno como el aire (18-20%); hacia el interior el contenido de oxígeno va disminuyendo, mientras que el de dióxido de carbono va aumentando, hasta el punto de que a una profundidad mayor de 60 cm el contenido de oxígeno puede estar entre 0,5 y 2% (Ekinci, Keener, & Elwell, 2004).

Una aireación insuficiente provoca una sustitución de los microorganismos aerobios por anaerobios, con el consiguiente retardo en la descomposición, la aparición de sulfuro de hidrógeno y la producción de malos olores. Por el contrario, el exceso de ventilación podría provocar el enfriamiento de la masa y una alta desecación con la consiguiente reducción de la actividad metabólica de los microorganismos (Zhu, 2006).

- **Relación C/N**

El carbono y el nitrógeno son los dos constituyentes básicos de la materia orgánica. Por ello para obtener un compost de buena calidad es importante que exista una relación equilibrada entre ambos elementos. Teóricamente una relación C/N de 25-35 es la adecuada, pero esta variará en función de las materias primas que conforman el compost. Si la relación C/N es muy elevada, disminuye la actividad biológica. Una relación C/N baja no afecta al proceso de compostaje, perdiendo el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco. Es importante realizar una mezcla adecuada de los distintos residuos con diferentes relaciones C/N para obtener un compost equilibrado (Pérez, 2003).

La relación C/N es un importante factor que influye en la velocidad del proceso y en la pérdida de amonio durante el compostaje; si la relación C/N es mayor que 40 la actividad biológica disminuye y los microorganismos deben oxidar el exceso de carbono con la consiguiente ralentización del proceso, debido a la deficiente disponibilidad de N para la síntesis proteica de los microorganismos. Para eliminar el exceso de carbono (en forma de anhídrido carbónico) es necesaria la aparición sucesiva de diversas especies microbianas. Al morir estos microorganismos el nitrógeno contenido en su biomasa se recicla y la relación C/N tiende a disminuir. Si el residuo tiene una alta relación C/N, pero la materia orgánica es poco biodegradable, la relación C/N disponible realmente para los microorganismos es menor y el proceso evolucionará rápidamente, pero afectará sólo a una proporción de la masa total. Si la relación C/N es muy baja el compostaje es más rápido pero el exceso de nitrógeno se desprende en forma amoniacal, produciéndose una autorregulación de la relación C/N del proceso (Bueno, Díaz, & Cabrera, s.f.).

Para un correcto compostaje donde se aprovechen la mayor parte del C y del N, la relación debe ser adecuada. Los microorganismos utilizan 30 partes de C generalmente por cada parte de N. Se precisa que en la mezcla inicial este parámetro presente un valor entre 25 y 30. Esta relación influye en la velocidad del proceso y en la pérdida de amonio durante el compostaje. Si la relación C/N es mayor a 40 la actividad biológica disminuye, donde el exceso de carbono debe ser oxidado. Si los productos a compostar tienen una la relación C/N baja, el compostaje se lleva a cabo con mayor rapidez, pero el exceso de nitrógeno se desprende en forma amoniacal (Acosta & Peralta, 2015).

- **Nutrientes**

La característica química más importante de los sustratos es su composición elemental. La utilidad agronómica de los residuos con posibilidad de ser compostados está en función de la disponibilidad de los elementos nutritivos que posean. Los microorganismos sólo pueden aprovechar compuestos simples, por lo que las moléculas más complejas se rompen en otras más sencillas (por ejemplo las proteínas en aminoácidos y estos en amoníaco) para poder ser asimiladas (Castaldi *et al.*, 2005).

Entre los elementos que componen el sustrato destacan el C, N, y P, que son macronutrientes fundamentales para el desarrollo microbiano. El carbono es necesario en la síntesis celular para la formación del protoplasma, así como la de los lípidos, grasas y carbohidratos; durante el metabolismo se oxida para producir energía y anhídrido carbónico; es el elemento que debe estar presente en mayor cantidad puesto que constituye el 50% de las células de los microorganismos y el 25% del anhídrido carbónico que se desprende en la respiración. El nitrógeno es un elemento esencial para la reproducción celular debido a la naturaleza proteica del protoplasma; se ha demostrado que la calidad de un compost como fertilizante está directamente relacionada con su contenido de N (2.5 al 3.0%). El fósforo desempeña un papel fundamental en la formación de compuestos celulares ricos en energía, siendo necesario para el metabolismo microbiano (Bueno, Díaz, & Cabrera, s.f.)

Se comprueba que, en general, entre el inicio y el final de la incubación se produce un aumento de las concentraciones de los distintos nutrientes, debido a la pérdida de materia orgánica de la masa a compostar. Además de C, N y P existen otros nutrientes presentes en menor cantidad (micronutrientes). Estos tienen un importante papel en la síntesis de las enzimas, en el metabolismo de los microorganismos y en los mecanismos de transporte intra y extracelular (Miyatake & Iwabuchi, 2006).

- **Población microbiana**

El compostaje es un proceso aeróbico de descomposición de la materia orgánica, llevado a cabo por una amplia gama de poblaciones de bacterias, hongos y actinomicetes.

- **Conductividad eléctrica (CE)**

La conductividad eléctrica de un compost está determinada por la naturaleza y composición del material de partida, fundamentalmente por su concentración de sales y en menor grado por la presencia de iones amonio o nitrato formados durante el proceso (Sánchez *et al.*, 2001).

La CE tiende generalmente a aumentar durante el proceso de compostaje debido a la mineralización de la materia orgánica, hecho que produce un aumento de la concentración de nutrientes. Ocurre a veces un descenso de la CE durante el proceso, lo que puede deberse a fenómenos de lixiviación en la masa, provocados por una humectación excesiva de la misma.

La dosis de compost que puede añadirse a un suelo debe ser proporcional a la CE del compost. Un exceso de salinidad en la solución del suelo dificulta la absorción de agua por las raíces de las plantas, de modo que en algunos casos, en esas condiciones, sólo prosperan las especies resistentes (Bueno, Díaz, & Cabrera, s.f.).

La conductividad eléctrica es un indicador de la presencia de sales solubles en el compost, los altos niveles de sales pueden repercutir sobre la germinación de semillas y en el desarrollo general del cultivo, dependiendo de la tolerancia de los cultivos y del tipo de suelo hacer

fertilizado. Para el caso de sustratos para cultivos debe manejarse un nivel de salinidad bajo (Moreno & Moral, 2008).

#### **2.1.4.4 Fases del Compostaje**

Tavera, Villanueva, & Escamilla (2010), indican que las fases del compostaje son: mesófila I, termófila, mesófila II y de maduración, las cuales se detallan a continuación:

- **Fase Mesófila**

El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45°C. Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar (hasta cerca de 4.0 o 4.5). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días)

- **Fase Termófila o de Higienización**

Cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina.

Estos microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco por lo que el pH del medio sube. En especial, a partir de los 60 °C aparecen las bacterias que producen esporas y actinobacterias, que son las encargadas de descomponer las ceras, hemicelulosas y otros compuestos de C complejos. Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas y del lugar, y otros factores.

Esta fase también recibe el nombre de fase de higienización ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como *Escherichia coli* y *Salmonella spp.* Igualmente, como se verá en el capítulo 3.4, esta fase es importante pues las temperaturas por encima de los 55°C eliminan los quistes y huevos de helminto, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas que pueden encontrarse en el material de partida, dando lugar a un producto higienizado.

- **Fase de Enfriamiento o Mesófila II**

Agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista. Al bajar de 40 °C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración.

- **Fase de Maduración**

Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos.

#### **2.1.4.5 Material Compostable**

Tavera, Villanueva, & Escamilla (2010), señalan que se puede considerar como material compostable:

- Restos de cosecha, plantas del huerto o jardín. Ramas trituradas o troceadas procedentes de podas, hojas caídas de árboles y arbustos.

- Heno y hierba segada. Césped o pasto (preferiblemente en capas finas y previamente desecados).
- Estiércol de porcino, vacuno, caprino y ovino, y sus camas de corral.
- Virutas de serrín (en capas finas).

No se deben incluir materiales inertes, tóxicos o nocivos tales como:

- Residuos químicos-sintéticos, pegamentos, solventes, gasolina, petróleo, aceite de vehículos, pinturas.
- Materiales no degradables (vidrio, metales, plásticos).
- Aglomerados o contrachapados de madera (ni sus virutas o serrín).
- Tabaco, ya que contiene un biocida potente como la nicotina y diversos tóxicos.
- Detergentes, productos clorados, antibióticos, residuos de medicamentos.
- Animales muertos (estos deben ser incinerados en condiciones especiales, o pueden ser compostados en pilas especiales).
- Restos de alimentos cocinados, carne.

#### **2.1.4.6 Aplicación del Compost**

El compost se puede aplicar semimaduro (en fase mesófila II) o ya maduro. El compost semimaduro tiene una elevada actividad biológica y el porcentaje de nutrientes fácilmente asimilables por las plantas es mayor que en el compost maduro. Por otro lado, al tener un pH no estable aún (tendiendo a la acidez), puede afectar negativamente a la germinación, por lo

que este compost no se usa para germinar semillas, ni en plantas delicadas. La aplicación en horticultura del compost semimaduro es normalmente una aplicación de 4 – 5 kg/m<sup>2</sup> en el terreno previamente labrado (coliflor, apio, papa...) delicadas. En cultivos extensivos, la aplicación es de 7 – 10 T/ha de compost. El compost maduro se usa en gran medida para plántulas, jardineras y macetas. Se suele mezclar (20%-50%) con tierra y otros materiales como turba y cascarilla de arroz como preparación de sustrato (Tavera, Villanueva, & Escamilla, 2010).

García *et al.* (2014), realizaron un ensayo a fin de medir el efecto del compost en el desarrollo, rendimiento y calidad del trigo en el Valle del Yaqui, para lo cual evaluaron cuatro tratamientos: un testigo sin aplicación, y la aplicación de 2.5, 5.0 y 7.5 t/ha de compost. Estos autores observaron respuestas significativas de la incorporación de compost: la clorofila total aumentó casi 15 %, la fotosíntesis 15 %, y el rendimiento cerca de 10 %; la concentración de nitrógeno, calcio y magnesio se duplicó, y el fósforo aumentó cuatro veces. Las necesidades nutrimentales de las variedades de los trigos duros y harineros se cubrieron, y la respuesta fue mejor en las variables evaluadas en los tratamientos con compost. La aplicación de 5.0 t ha-1 compost aumentó el rendimiento promedio del trigo en 20 %.

Sancllemente, García, & Valencia (2011), efectuaron un estudio para evaluar el efecto del uso de melaza y microorganismos eficientes sobre la tasa de descomposición de la hoja de caña (*Saccharum officinarum*). Para ello evaluaron la tasa de descomposición de la hojarasca de caña de azúcar mezclada con un abono orgánico tipo compost, usando un acelerador finito (melaza) y un acelerador infinito (microorganismos eficientes). Los resultados demostraron que la melaza es un acelerador de la descomposición de los residuos de hoja de caña, pues muestra una marcada influencia en la tasa descomposición inicial de dichos residuos, pero una vez consumidos los carbohidratos que la constituyen, la tasa de descomposición se disminuye ostensiblemente. Se evidencia entonces el potencial de los residuos de hoja de caña como elementos para el mantenimiento y/o mejoramiento del capital biofísico en el sistema productivo de la caña, debido a su alta eficiencia fotosintética.

Azurduy, Azero, & Ortuño (2016), realizaron una evaluación de activadores naturales para acelerar el proceso de compostaje de residuos orgánicos en el municipio de Quillacollo, estudiando los siguientes tratamientos: T1=activador TC (té de compost y fermento de estiércol), T2=activador BC (harina de hueso, torta de soya, salvado de arroz, melaza y biol), T3=activador LC (levadura y melaza), T4=activador EM (microorganismos efectivos), T5=Testigo 1 (estiércol de vaca), T6=Testigo 2 y T7=Testigo 3 (pila a la intemperie). Los resultados mostraron que los activadores favorecen al incremento de la temperatura en periodo corto. La cubierta de plástico (T1-T6) mantuvo la humedad constante en las pilas de compostaje, protegiéndolas de las altas precipitaciones y evitando la lixiviación de nutrientes. A los 2,5 meses, los tratamientos que lograron descomponer más del 50 % del volumen inicial fueron T1 (57 %) y T5 (52 %), donde T1 redujo el 84 % del volumen inicial. Las características físicas, químicas y biológicas del compost procesado, fueron calificadas de óptima calidad, porque favorecieron el normal crecimiento de la planta, lo cual se verificó con un bioensayo. El análisis económico, indicó que los tratamientos con mayor beneficio neto fueron T1 (137,5 Bs), T7 (110,6 Bs), T6 (105,6 Bs), T3 (72,6 Bs) y T5 (29,8 Bs). Por tanto, el activador TC se constituye en el mejor activador orgánico que acelera el proceso de compostaje, generando los mayores beneficios económicos.

## **CAPÍTULO III**

# **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.1 Localización**

Este trabajo de investigación se realizó entre los meses de julio y septiembre del 2016 en la Finca Experimental “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicado en el Km 7.5 de la Vía Quevedo – El Empalme, provincia de Los Ríos, ubicada entre las coordenadas 1° 02’46’’ de latitud Sur y 79° 38’01’’ de longitud Oeste, a una altura de 120 metros sobre el nivel del mar.

El clima de la zona es tropical húmedo, la temperatura media anual es de 24.8 °C, precipitación promedio anual de 1988.2 mm, 85% de humedad relativa, heliofanía promedio anual de 898.66 horas<sup>1</sup>.

### **3.2 Tipo de Investigación**

La investigación en cuestión fue de tipo experimental explicativa ya que se evaluaron variables delimitadas para identificar el efecto de diferentes sustancias como: jugo caña de azúcar, melaza y azúcar sobre la aceleración y descomposición de sustratos orgánicos en la elaboración de compost.

### **3.3 Métodos de Investigación**

Se utilizó el método inductivo (de lo particular a lo general) para generalizar el alcance de las conclusiones formuladas a partir de la presente investigación.

### **3.4 Fuentes de Recopilación de Información**

---

<sup>1</sup> Datos considerados del anuario meteorológico 2005-2014 de la Estación Agrometeorológica del INAHMI localizada en la EET Pichilingue del INIAP

La información presentada en el presente Proyecto de Investigación se obtuvo de fuentes primarias y secundarias, siendo las fuentes primarias los datos obtenidos mediante la evaluación de las variables delimitadas (observación directa), y las fuentes secundarias los libros, revistas, tesis, publicaciones en línea, internet, etc.

### **3.5 Diseño Experimental y Análisis Estadístico**

Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos en cuatro repeticiones. Además todas las variables en estudio se sometieron al análisis de varianza y se utilizó la prueba de Tukey al 95% de probabilidad para la comparación de medias. El procesamiento estadístico se lo realizó en Infostat.

El esquema del análisis de varianza se presenta en la tabla 1:

**Tabla 1** Esquema del análisis de varianza (ADEVA) del experimento

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Tratamientos	3
Error	12
<b>Total</b>	<b>15</b>

### **3.6 Instrumentos de Investigación**

#### **3.6.1 Tratamientos Estudiados**

Se estudiaron 4 tratamientos, constituidos por cada uno de las sustancias evaluadas y el testigo, los cuales se detallan a continuación en la tabla 2:

**Tabla 2** Descripción de los tratamientos estudiados

<b>Tratamientos</b>	<b>Descripción</b>
<b>T<sub>1</sub></b>	Azúcar (500 g/l de agua)
<b>T<sub>2</sub></b>	Melaza (500 cc/l de agua)
<b>T<sub>3</sub></b>	Jugo de caña de azúcar (500 cc/l de agua)
<b>T<sub>4</sub></b>	Testigo (ninguna sustancia)

### **3.6.2 Especificaciones de la Unidad Experimental**

Se consideró como unidad experimental a cada uno de los montículos de compost, los cuales tuvieron un peso inicial de 50 Kg.

### **3.6.3 Especificaciones del Experimento**

Número de tratamientos:	4
Número de repeticiones:	4
Número de unidades experimentales:	16
Cantidad de sustrato inicial:	45.43 Kg

### **3.6.4 Variables de Respuesta y Metodología de Evaluación**

#### **3.6.4.1 Número de Días a la Descomposición**

Se registró el tiempo transcurrido desde el día de la elaboración de los montículos hasta el momento en que se observó la descomposición de los sustratos, para lo cual se hicieron las pruebas que indican el estado de madurez del compost como: olor, prueba de mano, color y textura indicados por Palmero (2010).

#### **3.6.4.2 Temperatura**

Se realizaron evaluaciones de la temperatura de los montículos de compost al momento del inicio y final del ensayo, utilizando un termómetro digital cual se introdujo en la parte media del sustrato.

#### **3.6.4.3 Humedad**

El contenido de humedad de los montículos de compost se evaluó mediante la prueba de la estufa, tomando muestras de cada tratamiento en la parte central de la pila, registrando el peso de la misma, para posteriormente llevar al laboratorio y poner a la estufa a 105°C por 24 horas para hallar el peso seco y determinar el contenido de humedad mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ humedad} = \frac{P_{hm} - P_{sm}}{P_{sm}} * 100$$

Dónde:

**P<sub>hm</sub>**: Peso húmedo de la muestra (g)

**P<sub>sm</sub>**: Peso seco de la muestra (g)

#### **3.6.4.4 Peso del Sustrato**

Se registró el peso de cada montículo al inicio y final del experimento con la ayuda de una balanza analítica.

#### **3.6.4.5 Contenido de Nutrientes**

Una vez que el compost alcanzó su estado de madurez se tomaron muestras por cada pila, luego se homogenizaron las mezclas de las tres repeticiones de cada tratamiento y se enviaron para su análisis al Departamento de Suelo y Aguas de la EET Pichilingue del INIAP.

#### **3.6.5 Manejo del Experimento**

### **3.6.5.1 Limpieza del Terreno**

En el terreno del área experimental se eliminó todo tipo de malezas existentes con la ayuda de machetes, y luego se las sacó de los límites del área del ensayo con la ayuda de rastrillos.

### **3.6.5.2 Preparación del Sustrato**

Por cada tratamiento se preparó 45,43 Kg de sustrato, constituido por 30% estiércol (13.63 Kg), 50 % panca de maíz (22.72 Kg), 10% de restos de leguminosa (4.54 Kg), 9% de tierra (4.09 Kg) y 1% de ceniza (0.45 Kg). Adicionalmente, de acuerdo a la descripción de los tratamientos se agregó melaza, azúcar y jugo caña de azúcar, mientras que en el testigo no se agregó ningún acelerante de compostaje.

### **3.6.5.3 Riego y Volteo**

Semanalmente se realizaron riegos con 2 l litros de agua utilizando una regadera, y posteriormente se volteó (semanalmente) con pala a fin de reducir al temperatura y mantener el porcentaje de humedad idóneo para el procedimiento de descomposición del compost. Una vez regado y volteado cada montículo se volvió a cubrir con el plástico negro.

### **3.6.5.4 Toma de Muestras**

De cada pila de compost correspondiente a los distintos tratamientos se tomaron muestras de material equivalente a 500 g, las mismas que se clasificaron y homogenizaron por tratamientos. Se identificó cada muestra y se envió al Departamento de Suelos y Aguas del INIAP para su correspondiente análisis nutricional.

## **3.7 Recursos Humanos y Materiales**

### **3.7.1 Recursos Humanos**

Para la presente investigación se contó la ayuda de jornaleros y con la colaboración del Director del Proyecto de Investigación, quien aportó con sus recomendaciones para el manejo del ensayo. Además se contó con la ayuda de diferentes personas inmersas en el área agrícola.

### **3.7.2 Recursos Materiales**

- Agua
- Azúcar
- Balanza
- Balde
- Computador
- Jugo de caña de azúcar
- Lápiz
- Libreta de campo
- Machetes
- Melaza
- Palas
- Plástico negro
- Rastrillos
- Regaderas
- Termómetro digital

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 4.1 Resultados

### 4.1.1 Número de Días a la Descomposición

Los promedios presentados en la tabla 3 corresponden al número de días a la descomposición de los montículos de compost. De acuerdo al análisis de varianza los tratamientos alcanzaron alta significancia estadística, siendo el coeficiente de variación 3.3 %.

**Tabla 3** Número de días a la descomposición de los montículos de compost con la aplicación de sustancias para su aceleración y descomposición.

<b>Tratamientos</b>	<b>Días a la descomposición</b>
<b>T1:</b> Azúcar (500 g/l de agua)	58.0 ab
<b>T2:</b> Melaza (500 cc/l de agua)	56.0 b
<b>T3:</b> Jugo de caña de azúcar (500 cc/l de agua)	60.0 ab
<b>T4:</b> Testigo (Ninguna sustancia)	62.0 a
Promedio	59.0
C.V. (%) <sup>1</sup>	3.3
Sign. Estadística <sup>2</sup>	**

\* Promedios con la misma letra en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 95% de probabilidad

<sup>1</sup> Coeficiente de variación

<sup>2</sup> \*\*: Altamente significativo

### 4.1.2 Temperatura

En la tabla 4 se presentan los valores de la temperatura inicial, final y la variación (descenso) de la temperatura en el momento de la recolección con respecto a la inicial. El análisis de varianza no determinó significancia estadística para los tratamientos evaluados, en ninguna de dicha variables, siendo sus coeficiente de variación 4.6, 3.4 y 25.7 %, para la temperatura inicial, temperatura final y descenso de temperatura, respectivamente.

**Tabla 4** Temperatura inicial, final y descenso de temperatura de los montículos de compost con la aplicación de sustancias para su aceleración y descomposición.

<b>Tratamientos</b>	<b>Temperatura Inicial (°C)</b>	<b>Temperatura Final (°C)</b>	<b>Descenso de temperatura (°C)</b>
<b>T1:</b> Azúcar (500 g/l de agua)	40.6 a	34.1 a	6.5 a
<b>T2:</b> Melaza (500 cc/l de agua)	42.3 a	33.7 a	8.7 a
<b>T3:</b> Jugo de caña de azúcar (500 cc/l de agua)	41.8 a	33.9 a	7.9 a
<b>T4:</b> Testigo (Ninguna sustancia)	41.3 a	34.9 a	6.5 a
Promedio	41.5	34.1	7.4
C.V. (%) <sup>1</sup>	4.6	3.4	25.7
Sign. Estadística <sup>2</sup>	N.S.	N.S.	N.S.

\* Promedios con la misma letra en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 95% de probabilidad

<sup>1</sup> Coeficiente de variación

<sup>2</sup> N.S.: No Singificativo

### 4.1.3 Humedad (%)

El porcentaje de humedad de los montículos de compost se presenta en la tabla 5. En base al análisis de varianza se constató que no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, siendo 3.5% el coeficiente de variación.

**Tabla 5** Porcentaje de humedad en los montículos de compost con la aplicación de sustancias para su aceleración y descomposición.

<b>Tratamientos</b>	<b>Humedad (%)</b>
<b>T1:</b> Azúcar (500 g/l de agua)	59.0 a
<b>T2:</b> Melaza (500 cc/l de agua)	57.3 a
<b>T3:</b> Jugo de caña de azúcar (500 cc/l de agua)	56.5 a
<b>T4:</b> Testigo (Ninguna sustancia)	58.0 a
Promedio	57.7
C.V. (%) <sup>1</sup>	3.5
Sign. Estadística <sup>2</sup>	N.S.

\* Promedios con la misma letra en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 95% de probabilidad

<sup>1</sup> Coeficiente de variación

<sup>2</sup> N.S.: No Singificativo

#### 4.1.4 Peso Final y Peso Perdido (Kg)

En la tabla 6 se presentan valores del peso final y el peso perdido en relación al peso inicial de los montículos de compost. El análisis de varianza determinó alta significancia estadística para los tratamientos evaluados, siendo los 2.9 y 16.1 %, para peso final y peso perdido.

**Tabla 6** Peso final y peso perdido de los montículos de compost con la aplicación de sustancias para su aceleración y descomposición.

Tratamientos	Peso final (Kg)	Peso de perdido (Kg)
T1: Azúcar (500 g/l de agua)	40.2 c	9.8 a
T2: Melaza (500 cc/l de agua)	39.3 c	10.8 a
T3: Jugo de caña de azúcar (500 cc/l de agua)	43.0 b	7.0 b
T4: Testigo (Ninguna sustancia)	47.0 a	3.0 c
Promedio	42.4	7.6
C.V. (%) <sup>2</sup>	2.9	16.1
Sign. Estadística <sup>3</sup>	**	**

\* Promedios con la misma letra en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 95% de probabilidad

<sup>1</sup> Coeficiente de variación

<sup>2</sup> \*\*: Altamente significativo

#### 4.1.5 Contenidos Nutricional de los Sustratos

En la tabla 7 se presenta el contenido de nutrientes de los montículos de compost con la aplicación de los tratamientos en estudio.

El tratamiento con melaza produjo un mayor pH en los montículos de compost con 8.4, presentando a su vez mayor concentración de nitrógeno, potasio y magnesio con 1.8, 1.2 y 0.48%. Además en este sustrato se evidenció mayor contenido de boro, cobre, hierro y manganeso con valores de 36, 42, 603 y 338 ppm, respectivamente.

El tratamiento con azúcar registró mayor contenido de materia orgánica con 15.7%. El testigo presentó mayor concentración de fósforo y calcio con 0.50 y 4.35%, y mayor contenido de zinc con 98 ppm. La concentración de azufre en los montículos para todos los tratamientos fue de 0.25 %.

**Tabla 7** Contenido nutricional de los montículos de compost con la aplicación de sustancias para su aceleración y descomposición.

Tratamientos	pH	M.O. (%)	Concentración (%)							ppm			
			N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Fe	Mn
T <sub>1</sub> : Azúcar (500 g/l de agua)	8.0	15.7	1.6	0.45	1.1	3.89	0.47	0.25	34	95	38	586	334
T <sub>2</sub> : Melaza (500 cc/l de agua)	8.4	14.7	1.8	0.46	1.2	3.93	0.48	0.25	36	96	42	603	338
T <sub>3</sub> : Jugo de caña de azúcar (500 cc/l de agua)	8.1	13.2	1.3	0.48	1.1	4.18	0.46	0.25	35	96	34	594	336
T <sub>4</sub> : Testigo (Ninguna sustancia)	8.2	11.7	1.1	0.50	1.0	4.35	0.47	0.25	35	98	14	573	337

## 4.2 Discusión

La adición de melaza acortó período a la descomposición respecto al testigo, lo que se puede atribuir a una mayor presencia de microorganismos que participan en la descomposición respecto a la disponibilidad de un compuesto altamente energético como la melaza de las pilas. Esto concuerda con Sanclemente y García (2011), cuyos resultados demostraron que la melaza es un acelerador de la descomposición de los residuos de hoja de caña, pues muestra una marcada influencia en la tasa descomposición inicial de dichos residuos.

Los resultados de las evaluaciones de temperatura tanto al inicio como al final del ensayo no reflejaron diferencias significativas, evidenciándose que el tratamiento con melaza experimentó un mayor descenso de temperatura con 8.7 °C, cuya ausencia de diferencias estadísticas se puede atribuir al volteo de las pilas que se realizó con la misma frecuencia para todos los tratamientos, lo que quiere decir que para el final del ensayo la temperatura de los montículos de compost con la adición del tratamiento con melaza disminuyó en un 20.3%, por lo que con esta sustancia se puede obtener compost con temperatura óptima, ya que según Pérez (2003), las temperaturas óptimas del compost con aquellas comprendidas entre 35 y 55 °C para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malas hierba, sin embargo este mismo autor recalca que cuando existen temperaturas muy altas, muchos microorganismos interesantes para el proceso mueren y otros no actúan al estar, por lo que cabe indicar que las diferencias de temperaturas principalmente dependen de los volteos que se dé a los sustratos durante el proceso de elaboración (Tavera, Villanueva, & Escamilla, 2010).

El contenido de humedad de los montículos con la aplicación de las diferentes sustancias adicionadas, no registró diferencias significativas, registrando promedios que oscilaron entre 56.5 y 59.0%, dicha ausencia de diferencias significativas se puede atribuir a los materiales utilizados, ya que las sustancias adicionadas no influyen directamente en dicho fenómeno, lo que concuerda con Pérez (2003), que indica que el contenido de humedad dependerá de las materias primas empleadas. Para materiales fibrosos o residuos forestales gruesos la humedad máxima permisible es del 75-85 % mientras que para material vegetal fresco, ésta oscila entre

50-60%. Además respecto a esto, Bueno, Díaz & Cabrera (S.f.), que sostiene que la humedad óptima para el crecimiento microbiano está entre el 50-70%; la actividad biológica decrece mucho cuando la humedad está por debajo del 30%; por encima del 70% el agua desplaza al aire en los espacios libres existentes entre las partículas, reduciendo la transferencia de oxígeno y produciéndose una anaerobiosis.

En la evaluación del peso final y la pérdida de peso de los montículos de composta al final del ensayo con respecto a la primera semana del mismo, aplicando melaza se obtuvo un menor peso final con 39.3 Kg, reflejando una pérdida de peso de 10.8 Kg, lo que se puede atribuir a un mejor proceso de descomposición de la materia orgánica, como consecuencia de una mayor actividad de los microorganismos atraídos por la melaza, lo que hace obtener un compost en mayor estado de madurez, sin embargo esto a su vez depende del tamaño de las partículas de los materiales utilizados. Esto concuerda con Haug (1993) quien sostiene que el tamaño inicial de las partículas que componen la masa a compostar es una importante variable para la optimización del proceso, ya que cuanto mayor sea la superficie expuesta al ataque microbiano por unidad de masa, más rápida y completa será la reacción. Este mismo autor menciona que el desmenuzamiento del material facilita el ataque de los microorganismos y aumenta la velocidad del proceso.

Los niveles de pH de los montículos de compost con la aplicación de diferentes sustancias, no difirieron significativamente, reflejando un pH entre 8.0 y 8.4, valores que según Pérez (2003), afectan a la actividad tanto de hongos benéficos así como de bacterias, ya que este autor sostiene que el rango de pH es de 5 a 8 y de 6 a 7.5 para el primer y segundo grupo de microorganismos, respectivamente. Respecto a esto Sundberg (2004), el pH tiene una influencia directa en el compostaje debido a su acción sobre la dinámica de los procesos microbianos, sin embargo Suler *et al.* (1997), establecieron una relación entre los cambios de pH y la aireación de la mezcla, concluyendo que un compostaje con la aireación adecuada conduce a productos finales con un pH entre 7 y 8; valores más bajos del pH son indicativos de fenómenos anaeróbicos y de que el material aún no está maduro. Posteriormente estos mismos autores estudiaron las relaciones pH-aireación-microorganismos existentes en el

proceso, y dedujeron que la degradación orgánica se inhibe a pH bajos, por lo que si el pH se mantiene por encima de 7,5 durante el proceso es síntoma de una buena descomposición.

.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1 Conclusiones

- La melaza reflejó una pérdida de peso de 10.8 Kg, lo que se puede atribuir a un mejor proceso de descomposición de la materia orgánica, y a la vez produjo un descenso de temperatura de 8.7 °C.
- El contenido nutricional de los montículos de composta con la adición de los tratamientos en estudio, no difirieron significativamente, sin embargo, el tratamiento con melaza representa una gran opción ya que facilita la obtención de compost de mejores características. Además los niveles de pH de los montículos de compost con la aplicación de diferentes sustancias, no difirieron significativamente, reflejando un pH entre 8.0 y 8.4
- El tratamiento con melaza disminuyó en seis días el período de descomposición de la materia orgánica con relación al testigo, es decir en un 9.68%.

## 5.2 Recomendaciones

- Comparar diferentes dosis de melaza a fin de seleccionar la que permita obtener un compost de óptima calidad.
- Probar otros acelerantes de descomposición para disponer de compost en menor tiempo y utilizarlo en diferentes labores agrícolas que demanden su utilización.

## **CAPÍTULO VI**

## **BIBLIOGRAFÍA**

## 6.1 Bibliografía Citada

- Acosta, W., & Peralta, M. (2015). Elaboración de abonos orgánicos a partir del compostaje de reiduos agrícolas en el municipio de Fusagasugá. Universidad de Cundinamarca. Fusagasugá-Colombia. 116 p.
- Ausay, V. (2007). Evaluación del efecto de la aplicación del abono líquido foliar orgánico de estiércol de conejo, enriquecido con microelementos en la producción de forraje y semilla de la poa (*Poa Palustris*). Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 77 p.
- Azurduy, S., Azero, M., & Ortuño, N. (2016). Evaluación de activadores naturales para acelerar el proceso de compostaje de residuos orgánicos en el municipio de Quillacollo. *Acta Nova* 7(4): 369-388 pp.
- Bueno, P., Díaz, M., & Cabrera, F. (s.f.). Factores que afectan al proceso de compostaje. Obtenido de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf>
- Castaldi, P., Alberti, G., Merella, R., & Melis, P. (2005). Study of the organic matter evolution during municipal solid waste composting aimed at identifying suitable parameters for the evaluation of compost maturity. *Waste Management* 25: 209-213 pp.
- Castillo, M., & Chiluisa, M. (2013). Evaluación de tres abonos orgánicos (estiércol de bovino, gallinaza y humus) con dos dosis de aplicación en la producción de pimiento (*Capsicum annum* L.) en el recinto San Pablo de Maldonado, Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi, año 2011. Tesis de Grado. Universidad Técnica de Cotopaxi. La Maná-Ecuador. 145 p.
- CEADU. (Sf). Agricultura orgánica. Obtenido de [http://www.ceadu.org.uy/agricultura\\_organica.htm](http://www.ceadu.org.uy/agricultura_organica.htm)
- CEDECO. (2005). Preparación y uso de abonos orgánicos solidos y líquidos. Obtenido de [http://cedeco.or.cr/files/Abonos\\_organicos.pdf](http://cedeco.or.cr/files/Abonos_organicos.pdf)
- Comisió Europea. (2012). Una agricultura sostenible para el futuro que queremos. Obtenido de [http://ec.europa.eu/agriculture/events/2012/rio-side-event/brochure\\_es.pdf](http://ec.europa.eu/agriculture/events/2012/rio-side-event/brochure_es.pdf)
- Conil, P. (2010). Las bases de la fertilización orgánica. Obtenido de <http://200.29.232.126/wordpress/wp-content/uploads/2013/02/43-PC29-C44-Las-bases-de-la-fertilizaci%C3%B3n-org%C3%A1nica-aplicaci%C3%B3n-a-la-ca%C3%B1a-TECNICA%3%91A-Sept-2010.pdf>

- Durán, F. (2004). Manual de Cultivos Orgánicos y Alelopatía. GRUPO LATINO LTDA.
- Ekinci, K., Keener, H., & Elwell, D. (2004). Effects of aeration strategies on the composting process: Part I. Experimental studies. Trans. ASAE, , 47 (5): 1697-1708 pp.
- FAO. (2013). Manual de Compostaje del Agricultor. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/019/i3388s/i3388s.pdf>
- FIDA. (2003). Agricultura Orgánica: una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza. Obtenido de Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola: [http://www.fao.org/docs/eims/upload/230027/30476\\_es\\_RUTAtaller.pdf](http://www.fao.org/docs/eims/upload/230027/30476_es_RUTAtaller.pdf)
- FONAG. (Septiembre de 2010). Los abonos orgánicos. Recuperado el 28 de Noviembre de 2013, de Protegen el suelo y garantizan alimentación sana: [www.fonag.org.ec/doc\\_pdf/abonos\\_organicos.pdf](http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf)
- García, H., Castro, L., Guzmán, E., Mungarro, C., Arellano, M., Martínez, J., & Gutiérrez, M. (2014). Aplicación de compost, a base de champiñón enriquecida con silicio, en trigo (*Triticum spp.*). Agrocencia 48(7): 691-702 pp.
- Gonzalvez, V. (2005). Los fundamentos de la agricultura ecológica. Obtenido de [http://organicrules.org/477/1/Manual\\_AE\\_Canarias.pdf](http://organicrules.org/477/1/Manual_AE_Canarias.pdf)
- Gutierrez, D. (2009). Agricultura ecológica. Obtenido de <http://deyaniragutierrezdiaz.blogspot.com/>
- INFOANDINA. (2011). Importancia y beneficios de los abonos orgánicos. Obtenido de <http://www.infoandina.org/sites/default/files/recursos/abonos-24-05-2011.pdf>
- JISA. (2014). Fertilizantes orgánicos. Obtenido de <http://www.fertilizantesyabonos.com/fertilizantes-organicos/>
- Kolmans, E., & Vásquez, D. (1999). Manual de Agricultura Ecológica . Obtenido de <http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/2188/14592.pdf>
- Kulcu, R., & Yaldiz, O. (2004). Determination of aeration rate and kinetics of composting some agricultural wastes. Bioresource Technology 93 (1): 49-57 pp.
- Mansilla, F., & Hudson, R. (2007). Fertilizantes orgánicos en Mendoza. Obtenido de <http://www.organicasa.net/fertilizantes-org-nicos-en-mendoza.html>
- MCCH. (2012). Fertilización Orgánica. Obtenido de [http://www.terre-citoyenne.org/des-ressources/documents/document.html?no\\_cache=1&tx\\_fphressources\\_pi1%5Baction%5D=getviewclickeddownload&tx\\_fphressources\\_pi1%5Buid%5D=870](http://www.terre-citoyenne.org/des-ressources/documents/document.html?no_cache=1&tx_fphressources_pi1%5Baction%5D=getviewclickeddownload&tx_fphressources_pi1%5Buid%5D=870)

- Miyatake, F., & Iwabuchi, K. (2006). Effect of compost temperature on oxygen uptake rate, specific growth rate and enzymatic activity of microorganisms in dairy cattle manure. *Bioresource Technology* 97: 961–965 pp.
- Moreno, J., & Moral, R. (2008). *Compostaje*. Editorial Mundi-Prensa. Barcelona-España. 570 p.
- Palmero, R. (2010). Elaboración de compost con restos vegetales por el sistema tradicional en pilas o montones. Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural del Cabildo Insular de Tenerife. Cabildo de Tenerife-España. 20 p.
- Paqui, A. (2012). La producción orgánica en la soberanía alimentaria de las comunidades indígenas del cantón Saraguro, provincia de Loja en la actualidad. Tesis de Grado. Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito. Quito-Ecuador. 87 p.
- Perazzoli, A. G. (2000). AGRICULTURA ORGÁNICA: UNA ALTERNATIVA POSIBLE. Obtenido de [http://www.ceuta.org.uy/files/Agricultura\\_organica\\_una\\_alternativa\\_posible.pdf](http://www.ceuta.org.uy/files/Agricultura_organica_una_alternativa_posible.pdf)
- Pérez, N. (2003). Compostaje vs Residuos Orgánicos. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos46/compostaje/compostaje2.shtml>
- PYMERURAL. (2011). Abonos orgánicos. Obtenido de <http://www.metrocert.com/files/abonos%20organicos%2024-05-2011.pdf>
- Quinto, G. (2013). Mejoramiento de eficiencia de la urea mediante la adición de ácidos húmicos, fúlvicos y aplicación de fitohormonas en arroz (*Oryza sativa* L.). Universidad de Guayaquil. Milagro-Ecuador. 89 p.
- Ramos, D., & Terry, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bokashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales* 35(4): 52-59 pp.
- Sánchez, M., Roig, A., Paredes, C., & Bernal, M. (2001). Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. *Bioresource Technology* 78 (3): 301-308 pp.
- Sancllemente, Ó., García, M., & Valencia, F. (2011). Efecto del uso de melaza y microorganismos eficientes sobre la tasa de descomposición de la hoja de caña (*Saccharum officinarum*). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* 2(2): 13-19 pp.
- Soto, G. (2003). Agricultura Orgánica: una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza. Obtenido de [http://www.fao.org/docs/eims/upload/230027/30476\\_es\\_RUTAtaller.pdf](http://www.fao.org/docs/eims/upload/230027/30476_es_RUTAtaller.pdf)

- Suler, D., & Finstein, S. (1977). Effect of Temperature, Aeration, and Moisture on CO<sub>2</sub> Formation in Bench-Scale, continuously Thermophilic Composting of Solid Waste. *Applied and Environmental Microbiology* 33 (2): 345-350 pp.
- Sundberg, C., Smars, S., & Jonsson, H. (2004). Low pH as an inhibiting factor in the transition from mesophilic to thermophilic phase in composting. *Bioresource Technology* 95 (2): 145-150 pp.
- Suquilanda, M. (2006). *Agricultura Orgánica: Alternativa tecnológica del futuro*. 3° Edición. Quito: Abya - Yala.
- Tavera, M., Villanueva, S., & Escamilla, P. (2010). *La composta como alternativa para el aprovechamiento de los residuos orgánicos en México*. Instituto Politécnico Nacional. México. 13 p.
- Tomati, U., Madejon, E., & Galli, E. (2000). Evolution of humic acid molecular weight as an index of compost stability. *Compost Science And Utilization* 8 (2): 108-115 pp.
- Trinidad, A. (2014). Efecto de los abonos orgánicos y sus características en el suelo. Obtenido de <http://www.culturaorganica.com/html/magnified.php?ID=44&PAG=18>
- Uvigo.es. (2010). *Manual basico de agricultura ecologica*. Obtenido de [http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia\\_ambiental/agricultura\\_ecologica/Manual%20Agricultura%20Ecologica.pdf](http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/agricultura_ecologica/Manual%20Agricultura%20Ecologica.pdf)
- Zhu, N. (2006). Composting of high moisture content swine manure with corncob in a pilot-scale aerated static bin system. *Bioresource Technology* 97 (15): 1870-1875 pp.

## **CAPÍTULO VII**

### **ANEXOS**

**Anexo 1** Análisis de varianza de la variable días a la descomposición

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F. Calc.</b>	<b>p-valor</b>	
Tratamientos	3	80,0000	26,6667	6,9565	0,0058	**
Error	12	46,0000	3,8333			
Total	15	126,0000				

\*\* : Altamente significativo

**Anexo 2** Análisis de varianza de la variable temperatura inicial (°C)

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F. Calc.</b>	<b>p-valor</b>	
Tratamientos	3	6.5369	2.1790	0.6004	0.6270	NS
Error	12	43.5475	3.6290			
Total	15	50.0844				

NS: No significativo

**Anexo 3** Análisis de varianza de la variable temperatura final (°C)

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F. Calc.</b>	<b>p-valor</b>	
Tratamientos	3	3.2625	1.0875	0.8200	0.5075	NS
Error	12	15.9150	1.3263			
Total	15	19.1775				

NS: No significativo

**Anexo 4** Análisis de varianza del variable descenso de temperatura (° C)

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F. Calc.</b>	<b>p-valor</b>	
Tratamientos	3	13.9819	4.6606	1.2978	0.3202	NS
Error	12	43.0925	3.5910			
Total	15	57.0744				

NS: No significativo

**Anexo 5** Análisis de varianza del variable porcentaje de humedad

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F. Calc.</b>	<b>p-valor</b>	
Tratamientos	3	13.6875	4.5625	1.1466	0.3700	NS
Error	12	47.7500	3.9792			
Total	15	61.4375				

NS: No significativo

**Anexo 6** Análisis de varianza del variable peso final (Kg)

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F. Calc.</b>	<b>p-valor</b>	
Tratamientos	3	144.2500	48.0833	32.0556	<0.0001	**
Error	12	18.0000	1.5000			
Total	15	162.2500				

\*\* : Altamente significativo

**Anexo 7** Análisis de varianza del variable peso perdido (Kg)

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F. Calc.</b>	<b>p-valor</b>	
Tratamientos	3	144.2500	48.0833	32.0556	<0.0001	**
Error	12	18.0000	1.5000			
Total	15	162.2500				

\*\* : Altamente significativo

## Anexo 8 Registro de datos del experimento

Tratamientos	Temperatura Inicial (°C)	Temperatura Final (°C)	Descenso de temperatura (°C)	Porcentaje de humedad	Peso Final (Kg)	Pérdida de peso (Kg)	Días a la descomposición
T1: Azúcar	43.8	35.4	8.4	55.0	40.0	10.0	60.0
T2: Melaza	42.8	32.2	10.6	57.0	39.0	11.0	55.0
T3: Caña de azúcar	42.8	34.5	8.3	57.0	42.5	7.5	60.0
T4: Testigo	43.0	35.0	8	60.0	47.0	3.0	62.0
T1: Azúcar	38.3	32.2	6.1	60.0	39.0	11.0	57.0
T2: Melaza	40.9	34.2	6.7	58.0	41.0	9.0	56.0
T3: Caña de azúcar	42.3	35.2	7.1	56.0	43.5	6.5	64.0
T4: Testigo	40.4	34.3	6.1	56.0	46.0	4.0	64.0
T1: Azúcar	37.2	34.6	2.6	60.0	40.0	10.0	56.0
T2: Melaza	43.0	34.8	8.2	55.0	40.0	10.0	58.0
T3: Caña de azúcar	41.9	32.1	9.8	56.0	42.0	8.0	58.0
T4: Testigo	40.9	34.4	6.5	56.0	47.0	3.0	61.0
T1: Azúcar	42.9	34.1	8.8	61.0	42.0	8.0	59.0
T2: Melaza	42.5	33.4	9.1	59.0	37.0	13.0	55.0
T3: Caña de azúcar	40.0	33.7	6.3	57.0	44.0	6.0	58.0
T4: Testigo	41.0	35.7	5.3	60.0	48.0	2.0	61.0



**Anexo 9** Construcción de los montículos a compostar al inicio del ensayo.



**Anexo 10** Montículos de compost cubiertos con plástico para incrementar la temperatura y acelerar la descomposición del sustrato.



**Anexo 11** Identificación de los montículos de acuerdo a los tratamientos estudiados en el ensayo



**Anexo 12** Compost en proceso de descomposición.

Anexo 13 Resultados del análisis de los sustratos

**INIAAP**

**ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"**  
**LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS**  
 Km 5 Carretera Quevedo - El Empalme  
 Quevedo - Ecuador Teléfono: 2783044 Ext. 201

Nombre del Propietario :	Mayorga Ruiz Esther	Teléfono :	1235
Nombre de la Propiedad :	La María	Fecha de muestreo :	31-10-2016
Localización :	Quevedo	Fecha de ingreso :	31-10-2016
	Cantón	Provincia	14-11-2016
	Parroquia		

Reporte N° : 1235  
 Cultivo : Compostaje  
 Los Ríos

**RESULTADOS E INTERPRETACION DE ANÁLISIS ESPECIAL DE ABONOS**

Número de Laboratorio	Identificación de las muestras	pH	Materia Orgánica (%)	Concentración (%)							ppm			
				Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre	Boro	Zinc	Cobre	Hierro	Manganeso
59217	T1: Azúcar	8.0	15.7	1.6	0.45	1.1	3.89	0.47	0.25	34	95	38	586	334
59218	T2: Melaza	8.4	14.7	1.8	0.46	1.2	3.93	0.48	0.25	36	96	42	603	338
59219	T3: Caña de azúcar	8.1	13.2	1.3	0.48	1.1	4.18	0.46	0.25	35	96	34	594	336
59220	T4: Testigo	8.2	11.7	1.1	0.50	1.0	4.35	0.47	0.25	35	98	14	573	337

Observaciones: .....

*X. W. D. [Signature]*  
 Ing. Francisco Xifre  
 JEFE DEPARTAMENTO



*[Signature]*  
 LABORATORISTA

La muestra será guardada en el laboratorio.  
 Nuestras pruebas, después de haberse efectuado,  
 están basadas en los resultados.