



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

“EVALUACIÓN DE SEDIMENTO DE VINO DE MORA Y SU USO EN  
LA ELABORACIÓN DE COMPOST EN LA EMPRESA ALMA  
NATURA DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA”

Trabajo de titulación presentado para optar por el título de:  
**INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTORA:** MISHEL ALEJANDRA AMAGUAYO SÁNCHEZ

**TUTORA:** DRA. YOLANDA DOLORES DÍAZ HEREDIA

**Riobamba - Ecuador**

**2016**

© 2016, Mishel Alejandra Amaguayo Sánchez

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

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

El Tribunal de Trabajo de titulación certifica que: El trabajo de investigación: **“EVALUACIÓN DE SEDIMENTO DE VINO DE MORA Y SU USO EN LA ELABORACIÓN DE COMPOST EN LA EMPRESA ALMA NATURA DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA”**, de responsabilidad de la señorita egresada Mishel Alejandra Amaguayo Sánchez, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal, quedando autorizada su presentación.

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dra. Yolanda Dolores Díaz Heredia <b>ASESORA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN</b>	-----	-----
Ing. Byron Leoncio Díaz Monroy, PhD <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	-----	-----

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Mishel Alejandra Amaguayo Sánchez, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 14 de abril del 2016

Mishel Alejandra Amaguayo Sánchez

C.I. 060437942-0

Yo, Mishel Alejandra Amaguayo Sánchez, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este trabajo de titulación, y el patrimonio intelectual del trabajo de titulación, pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

-----  
MISHEL ALEJANDRA AMAGUAYO SÁNCHEZ

C.I. 060437942-0

## **DEDICATORIA**

A Dios por hacer posible todo, a mis padres por su sacrificio y apoyo incondicional; a mi hermana y hermano que con su apoyo y locuras me han acompañado en esta etapa de mi vida y me han demostrado lo valiosa que es la familia, a mi abuelita quien es como una segunda madre, a mis amigos y amigas que han sido cómplices y apoyo de todo el sacrificio en esta etapa.

*Mishel*

## AGRADECIMIENTO

Primero a Dios por todo lo que me brinda, las cosas buenas y malas que me ha tenido en mi camino me han hecho la persona que soy y me siento afortunada por ello.

A mis padres Leonardo y Ximena ya que sin su sacrificio y amor no podría cumplir mi meta; a mis hermanos Nagel y Samanta, quienes hacen de mi vida más divertida y me impulsan a mejorar; y a mi abuelita Lida que siempre está ahí con sus consejos y apoyo incondicional.

En especial a la Dra. Yolanda Díaz Asesora del Proyecto de Titulación, al Ing. Byron Díaz PhD Miembro del tribunal quienes estuvieron ahí apoyándome con sus conocimientos y paciencia. Al Ing. Rene Carvajal y a LABIMA y todo el personal de ésta, la cual fue un pilar fundamental para la realización de este proyecto.

Y a mis amigos que hicieron de esta parte de mi vida una aventura llena de gente extraordinaria y aprendizaje día a día.

A todos muchas gracias por ser parte de esto.

*Mishel*

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

C:N	Carbono:Nitrógeno
ERPE	Escuelas Radiofónicas Populares del Ecuador
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado
K	Potasio
Kg	Kilogramos
mL	Mililitros
LABIMA	Laboratorio de Biotecnología y Microbiología Animal
M.O	Materia orgánica
MRS	Man, Rogosa y Sharpe (agar)
N	Nitrógeno
P	Fósforo
P5 <sup>o</sup>	Valores promedio al 5% de sedimento
P10 <sup>o</sup>	Valores promedio al 10% de sedimento
P15 <sup>o</sup>	Valores promedio al 15% de sedimento
P0 <sup>o</sup>	Valores promedio al 0% de sedimento
UFC/mL	Unidades formadoras de colonias/mL
UPC/mL	Unidades propagadoras de colonias/mL



## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	xv
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xvi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
SUMMARY.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	1
JUSTIFICACIÓN.....	3

## CAPÍTULO I

<b>1</b>	<b>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1</b>	<b>Vino.....</b>	<b>5</b>
<i>1.1.1</i>	<i>Elaboración del vino.....</i>	<i>5</i>
<i>1.1.2</i>	<i>Fermentación alcohólica.....</i>	<i>6</i>
<i>1.1.3</i>	<i>Fermentación maloláctica.....</i>	<i>6</i>
<i>1.1.4</i>	<i>Microbiología del vino.....</i>	<i>7</i>
<i>1.1.4.1</i>	<i>Mohos.....</i>	<i>7</i>
<i>1.1.4.2</i>	<i>Levaduras.....</i>	<i>7</i>
<i>1.1.4.3</i>	<i>Bacterias.....</i>	<i>8</i>
<i>1.1.5</i>	<i>Parámetros de control del vino.....</i>	<i>8</i>
<i>1.1.5.1</i>	<i>Potencial hidrógeno (pH).....</i>	<i>8</i>
<i>1.1.5.2</i>	<i>Temperatura.....</i>	<i>8</i>
<i>1.1.5.3</i>	<i>Grados brix.....</i>	<i>9</i>
<i>1.1.6</i>	<i>Residuos generados en la elaboración del vino.....</i>	<i>9</i>
<i>1.1.6.1</i>	<i>Sedimento.....</i>	<i>9</i>
<b>1.2</b>	<b>Alma Natura.....</b>	<b>10</b>
<i>1.2.1</i>	<i>Vino de mora.....</i>	<i>11</i>

1.2.1.1	<i>Mora</i> .....	11
1.2.1.2	<i>Procedimiento de elaboración</i> .....	12
<b>1.3</b>	<b>Compostaje</b> .....	<b>13</b>
1.3.1	<i>Compost</i> .....	13
1.3.2	<i>Elaboración del compost</i> .....	13
1.3.3	<i>Parámetros de control del compostaje</i> .....	14
1.3.3.1	<i>Potencial hidrógeno (pH)</i> .....	14
1.3.3.2	<i>Temperatura</i> .....	14
1.3.3.3	<i>Humedad</i> .....	15
1.3.3.4	<i>Relación C:N</i> .....	15
1.3.3.5	<i>Aireación</i> .....	16
1.3.3.6	<i>Tamaño de la partícula</i> .....	16
1.3.3.7	<i>Nutrientes</i> .....	16
1.3.3.8	<i>Materia orgánica</i> .....	17
1.3.4	<i>Microorganismos y el compostaje</i> .....	17
1.3.4.1	<i>Microorganismos beneficiosos</i> .....	17
1.3.4.2	<i>Microorganismos perjudiciales</i> .....	18
1.3.5	<i>Sucesión microbiana durante el compostaje</i> .....	19
1.3.5.1	<i>Componentes iniciales</i> .....	19
1.3.5.2	<i>Fase mesófila inicial</i> .....	20
1.3.5.3	<i>Fase termófila</i> .....	20
1.3.5.4	<i>Etapa de enfriamiento y maduración</i> .....	21
1.3.6	<i>Calidad del compost</i> .....	21
1.3.6.1	<i>Índices de calidad del compost</i> .....	22
<b>1.4</b>	<b>Rangos óptimos de calidad de compost</b> .....	<b>23</b>
1.4.1	<i>FAO</i> .....	23
1.4.1.1	<i>Oxígeno</i> .....	24
1.4.1.2	<i>Humedad</i> .....	25
1.4.1.3	<i>Temperatura</i> .....	26

1.4.1.4	Potencial Hidrógeno (pH) .....	27
1.4.1.5	Relación C:N.....	27
1.4.1.6	Parámetros de compostaje.....	28

## **CAPÍTULO II**

<b>2</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>29</b>
<b>2.1</b>	<b>Diseño experimental .....</b>	<b>29</b>
<b>2.1.1</b>	<b>Tipo y diseño de investigación.....</b>	<b>29</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Unidad de análisis.....</b>	<b>29</b>
<b>2.1.3</b>	<b>Población de estudio .....</b>	<b>29</b>
<b>2.1.4</b>	<b>Tamaño de muestra.....</b>	<b>29</b>
<b>2.1.5</b>	<b>Selección de muestra.....</b>	<b>30</b>
<b>2.2</b>	<b>Metodología.....</b>	<b>30</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Localización de la experimentación.....</b>	<b>30</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Caracterización de sedimento.....</b>	<b>30</b>
<b>2.2.2.1</b>	<b>Caracterización microbiológica.....</b>	<b>31</b>
<b>2.2.2.2</b>	<b>Caracterización física.....</b>	<b>33</b>
<b>2.2.2.3</b>	<b>Caracterización química.....</b>	<b>34</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Elaboración de pilas de compost .....</b>	<b>34</b>
<b>2.2.3.1</b>	<b>Formulación de pilas de compost.....</b>	<b>34</b>
<b>2.2.3.2</b>	<b>Muestra de sedimento.....</b>	<b>35</b>
<b>2.2.3.3</b>	<b>Construcción de pilas de compost .....</b>	<b>35</b>
<b>2.2.4</b>	<b>Caracterización inicial.....</b>	<b>36</b>
<b>2.2.4.1</b>	<b>Muestreo de pila de compost.....</b>	<b>36</b>
<b>2.2.4.2</b>	<b>Análisis de pila de compost.....</b>	<b>36</b>
<b>2.2.5</b>	<b>Parámetros de control.....</b>	<b>36</b>
<b>2.2.5.1</b>	<b>Temperatura.....</b>	<b>36</b>
<b>2.2.5.2</b>	<b>pH.....</b>	<b>37</b>
<b>2.2.5.3</b>	<b>Determinación de carga microbiana.....</b>	<b>37</b>
<b>2.2.5.4</b>	<b>Humedad.....</b>	<b>38</b>

2.2.5.5	<i>Aireación</i> .....	38
<b>2.2.6</b>	<b><i>Caracterización final</i></b> .....	<b>38</b>
2.2.6.1	<i>Muestreo de pila de compost</i> .....	38
2.2.6.2	<i>Análisis de pila de compost</i> .....	38

### **CAPÍTULO III**

<b>3</b>	<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>39</b>
<b>3.1</b>	<b>Análisis y discusión de resultados</b> .....	<b>39</b>
<b>3.1.1</b>	<b><i>Localización de la experimentación</i></b> .....	<b>39</b>
<b>3.1.2</b>	<b><i>Caracterización de sedimento</i></b> .....	<b>40</b>
3.1.2.1	<i>Caracterización microbiológica</i> .....	40
3.1.2.2	<i>Humedad</i> .....	43
3.1.2.3	<i>pH</i> .....	43
<b>3.1.3</b>	<b><i>Elaboración de pilas de compost</i></b> .....	<b>44</b>
3.1.3.1	<i>Formulación de pilas de compost</i> .....	44
3.1.3.2	<i>Construcción de pilas de compost</i> .....	45
<b>3.1.4</b>	<b><i>Caracterización inicial</i></b> .....	<b>46</b>
<b>3.1.5</b>	<b><i>Parámetros de control</i></b> .....	<b>47</b>
3.1.5.1	<i>Temperatura</i> .....	47
3.1.5.2	<i>pH</i> .....	51
3.1.5.3	<i>Carga microbiana</i> .....	55
3.1.5.4	<i>Humedad</i> .....	56
3.1.5.5	<i>Aireación</i> .....	59
<b>3.1.6</b>	<b><i>Caracterización final</i></b> .....	<b>60</b>
3.1.6.1	<i>Análisis de laboratorio</i> .....	60
3.1.6.2	<i>Análisis estadístico</i> .....	61

	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>62</b>
--	---------------------------	-----------

	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>63</b>
--	------------------------------	-----------

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

<b>ANEXO A</b>	Caracterización de sedimento de vino de mora de la empresa Alma Natura.
<b>ANEXO B</b>	Construcción de pilas de compostaje.
<b>ANEXO C</b>	Caracterización de pilas de compost.

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-3.</b> Identificación de microorganismos por tinción gram en el sedimento de vino de mora de la empresa Alma Natura.....	42
--	----

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3.</b> Monitoreo de la temperatura durante el proceso de compostaje al 5%. .....	47
<b>Gráfico 2-3.</b> Monitoreo de la temperatura durante el proceso de compostaje al 10% de sedimento. ....	48
<b>Gráfico 3-3.</b> Monitoreo de la temperatura durante el proceso de compostaje al 15% de sedimento. ....	49
<b>Gráfico 4-3.</b> Monitoreo de la temperatura durante el proceso de compostaje al 0%. ....	50
<b>Gráfico 5-3.</b> Monitoreo del pH durante el proceso de compostaje al 5%. ....	51
<b>Gráfico 6-3.</b> Monitoreo del pH durante el proceso de compostaje al 10%. ....	52
<b>Gráfico 7-3.</b> Monitoreo del pH durante el proceso de compostaje al 15%. ....	53
<b>Gráfico 8-3.</b> Monitoreo del pH en las pilas al 0% de sedimento durante el proceso de compostaje.....	54
<b>Gráfico 9-3.</b> Monitoreo de la humedad en las pilas de compost al 5% de sedimento durante el proceso de compostaje. ....	56
<b>Gráfico 10-3.</b> Monitoreo de la humedad en las pilas de compost al 10% de sedimento durante el proceso de compostaje. ....	57
<b>Gráfico 11-3.</b> Monitoreo de la humedad en las pilas de compost al 15% de sedimento durante el proceso de compostaje. ....	58
<b>Gráfico 12-3.</b> Monitoreo de la humedad en las pilas al 0% de sedimento durante el proceso de compostaje.....	59

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-1.</b> Ubicación del sitio de experimentación. ....	39
--	----



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1.</b> Control de la aireación.....	24
<b>Tabla 2-1.</b> Parámetros de humedad óptimos.....	25
<b>Tabla 3-1.</b> Parámetros de temperatura óptimos.....	26
<b>Tabla 4-1.</b> Parámetros de pH óptimos.....	27
<b>Tabla 5-1.</b> Parámetros de la relación C:N.....	27
<b>Tabla 6-1.</b> Parámetros del compostaje.....	28
<b>Tabla 1-2.</b> Formulación de pilas de compost.....	34
<b>Tabla 1-3.</b> Resultado de caracterización de sedimento en placas petrifilm <sup>TM</sup> en el sedimento de vino de mora de la empresa Alma Natura.....	40
<b>Tabla 2-3.</b> Resultado de caracterización de sedimento en agar Salmonella-Shiguella en el sedimento de vino de mora de la empresa Alma Natura.....	41
<b>Tabla 3-3.</b> Humedad en el sedimento de vino de mora de la empresa Alma Natura.....	43
<b>Tabla 4-3.</b> pH del sedimento de vino de mora de la empresa Alma Natura.....	43
<b>Tabla 5-3.</b> Cantidad en peso de materia prima para la construcción de pila de compost.....	45
<b>Tabla 6-3.</b> Caracterización inicial.....	46
<b>Tabla 7-3.</b> Monitoreo de la carga microbiana durante el proceso de compostaje.....	55
<b>Tabla 8-3.</b> Resultados de la caracterización final de pilas de compost.....	60
<b>Tabla 9-3.</b> Test de Tuckey-b para las concentraciones de sedimento de vino de mora.....	61

## **RESUMEN**

Se evaluó el sedimento de vino de mora de la empresa Alma Natura para su aprovechamiento en el compostaje. Se inició la investigación con una caracterización preliminar física, química y microbiológica del sedimento de vino de mora, cuyos resultados permitieron identificar que era viable para ser utilizado como inóculo de compost. Se desarrolló cuatro formulaciones de compost con el 5%, 10%, 15% y 0% de sedimento, en función de la cantidad generada por la empresa y se construyeron pilas de compost de cada una de ellas con tres repeticiones obteniendo un total de doce pilas. Las pilas de compost fueron monitoreadas por un periodo de sesenta días, considerando los parámetros de control (temperatura, pH, humedad, carga microbiana). Se evaluó la calidad del compost en función de materia orgánica, porcentaje de nitrógeno, porcentaje de fósforo, porcentaje de potasio y relación carbono : nitrógeno; se realizó un análisis estadístico con el test de Tukey-b, con el cual se concluye que no hay diferencias significativas en cuanto a materia orgánica, porcentaje de nitrógeno, fósforo y potasio usando diferentes concentraciones de sedimento; respecto a la relación carbono : nitrógeno existen diferencias significativas con el uso de sedimento al 5% y 10%, evidenciándose un mayor porcentaje ; sin embargo, no está dentro del rango óptimo de compost maduro según el Manual de Compostaje del Agricultor de la FAO. Se recomienda usar la concentración de sedimento de 5% o 10 % para acelerar la degradación de materia orgánica.

**Palabras claves:** <SEDIMENTO DE VINO DE MORA> <COMPOSTAJE> <PILAS DE COMPOST> <MATERIA ORGÁNICA> <CARGA MICROBIANA> <INÓCULO>

## SUMMARY

The sediment of blackberry wine of the company Alma Natura for its use in composting was evaluated. The investigation began with a preliminary physical, chemical and microbiological characterization of sediment of blackberry wine, whose results allowed to identify that it was feasible to be used as inoculum of compost. Four formulations of compost with 5%, 10%, 15% and 0% of sediment was developed, according to the quantity generated by the company and there were constructed batteries of compost of each of them with three repetitions obtaining a whole of twelve batteries. The batteries of compost were monitored for a period of sixty days, considering the control parameters (temperature, pH, humidity, microbial load). The quality of the compost was evaluated according to organic matter, percentage of nitrogen, percentage of phosphorus, percentage of potassium and relationship carbon : nitrogen; a statistical analysis was realized with the Tukey-b test, with which it is concluded that there are no significant differences in terms of organic matters, percentage of nitrogen, phosphorus and potassium using different concentrations of sediment; about the relationship carbon : nitrogen there are significant differences with the use of sediment to 5% and 10%, showing a higher percentage; however, it is not within the optimal range of mature compost according to the Manual of Composting of the Farmer of FAO. It is recommended to use the concentration of sediment of 5% or 10% to accelerate degradation of organic matter.

**Key words:** <SEDIMENT OF BLACKBERRY WINE> <COMPOSTING> <BATTERIES OF COMPOST> <ORGANIC MATTER> <MICROBIAL LOAD> <INOCULUM>

## **INTRODUCCIÓN**

### **Situación problemática**

Alma Natura en la ciudad de Riobamba es una microempresa que realiza la elaboración de vino de mora, mediante el uso de tecnologías sencillas y artesanales, con altos estándares de calidad; pero, al no tener procesos automatizados, se genera una potencial carga de sedimentos como subproductos del vino, los cuales constituyen un problema ambiental y económico si no reciben un tratamiento adecuado previo a su disposición final, debido a su composición potencialmente aprovechable.

Actualmente, Alma Natura no brinda un tratamiento o aprovechamiento de sus sedimentos, ya que la microempresa está comenzando abrirse campo en el país; por lo que, se enfoca en la elaboración del vino, procurando un producto de calidad. Sin embargo, la calidad no es suficiente si no se integra con el ambiente y la seguridad, proporcionando un equilibrio económico, social y ambiental.

### **Formulación del problema**

La producción de vino de mora de la empresa Alma Natura produce cantidades de sedimento como desecho, el cual no tiene un debido tratamiento; siendo así desechado de manera directa a el contenedor de basura más cercano. Este contiene una gran actividad microbiana; es por eso que se busca darle un reuso a este desecho, optando así por el uso como inóculo en el compost.

## **ANTECEDENTES**

La humanidad a lo largo de la historia siempre ha generado y va a generar residuos, sin embargo, su forma, sus características y cantidades han cambiado, debido a la industrialización y al avance de la tecnología. La evolución del compostaje, considerado como un antiguo arte o ciencia moderna, es cíclica; sus principios y objetivos han variado en función del desarrollo e interés de la sociedad. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, pág. 77)

La industria del vino es antigua y muy atractiva, debido a su gran retorno económico, sin embargo, uno de los principales problemas es la generación de residuos, los cuales, generan pérdidas económicas, por lo que las industrias han dedicado tiempo y esfuerzo por encontrar una forma eficiente de tratar sus residuos.

En la Escuela de Agronomía de la Universidad de Chile se desarrolló una guía de prácticas ambientales para la vitivinicultura, en la cual se detallan todos los procesos implicados en la producción del vino, sus principales desechos y el impacto que generan en el ambiente. Además, se mencionan algunas técnicas utilizadas para tratar dichos desechos, entre las cuales citan la elaboración de un compost, es decir, encuentran una forma de tratar el desecho obteniendo de él un beneficio. (Valderrama Álvarez, 2008, pág. 2)

De igual forma, investigadores de la Universidad Nacional de Cuyo mencionan la forma de reutilizar los residuos generados en el proceso de vinificación, para lo cual sugieren utilizarlos como sustrato principal en el proceso de compostaje, para así obtener un producto orgánico rico en nutrientes, que permitan mejorar las propiedades del suelo. (Universidad Nacional del Cuyo, 2011, pág. 1)

Así también, investigadores de las Universidades de Vigo y Santiago de Compostela, muestran que los residuos que se producen en la elaboración del vino son una fuente de compuestos químicos que podrían tener un impacto económico positivo. Además, mencionan las diversas clases de desechos con altos contenidos en compuestos biodegradables, que podrían ser una gran fuente de nutrientes para el suelo, usados de forma adecuada en un compost, es decir, resaltan “*el compostaje de los residuos, puesto que suponen un abono orgánico de alto valor agronómico*”. (Universidades de Vigo y Santiago de Compostela, 2012, pág. 1)

En función de las investigaciones mencionadas, se ha visto una oportunidad de resolver el problema de la Empresa Alma Natura, en cuanto a la generación de residuos (sedimento), mediante la aplicación de una técnica de compostaje, que utiliza como sustrato el sedimento, para obtener un producto agronómico rico en nutrientes.

## JUSTIFICACIÓN

La producción de vino en el Ecuador se ha encontrado presente desde hace muchos años; sin embargo, en los últimos tiempos ha tenido un crecimiento considerable en distintas partes del país. El Ecuador es capaz de producir vinos de calidad, siempre y cuando las empresas cumplan con normas de calidad y normas ambientales para un correcto desarrollo de estas. Las diferentes entidades ecuatorianas tienen el enfoque de impulsar toda actividad productiva a nivel nacional, en todos sus niveles de desarrollo; de manera que es el momento crucial para el crecimiento de la producción de vinos.

La provincia de Chimborazo pertenece a la zona 3 la cual es una de las provincias más importantes del Ecuador debido a su característica agrícola y también tiene como estrategia su ubicación privilegiada que facilita la distribución de los productos. Las microempresas tienen prioridad en la Agenda para la transformación Productiva Territorial dándole un tratamiento prioritario en todas las fases, desde las iniciativas para mejorar las condiciones de productividad, de calidad, y de comercialización, hasta las que impulsen una participación estratégica y provechosa en los mercados nacionales e internacionales.

Es así que la microempresa Alma Natura ubicada en la Provincia de Chimborazo, Ciudad de Riobamba vio la oportunidad para el desarrollo en la producción de vino de mora, tomando como estrategia su ubicación y la facilidad de la obtención de la materia prima. Tuvo una gran acogida en el mercado el cual le obligó a aumentar su producción. Su potencial problema radica en el tratamiento de sus residuos en especial de sus sedimentos generados en la producción de vino; se genera en promedio un lote de vino de mora al mes produciendo 30 Kg mensuales de sedimento de vino de mora; considerando su crecimiento en el mercado, cada vez la cantidad de sedimento sin tratar aumenta.

La evaluación del sedimento del vino de mora es una estrategia económica y ambiental que permitirá optimizar recursos mediante el tratamiento del sedimento en el proceso de compostaje, lo cual ayudará al cumplimiento de la normativa legal vigente reduciendo en gran parte la contaminación que rodea la elaboración del vino.

Se debe hacer conciencia y entender que una producción de calidad en la que no se toma en cuenta todo lo que conllevó esa producción, no sirve y es poco eficiente; la estrategia adecuada y ética es aquella que equilibra de forma integral la economía, el ambiente y lo social. La evaluación del sedimento de vino de mora de esta investigación está sustentada con información bibliográfica y práctica, con el objetivo de obtener la máxima eficiencia y realidad posible.

## **OBJETIVOS**

### **General**

- Evaluar el sedimento de vino de mora de la empresa Alma Natura y su uso en la elaboración de compost.

### **Específicos**

- Caracterizar física, química y microbiológicamente el sedimento producido por la elaboración de vino de mora en la empresa Alma Natura.
- Definir la formulación apropiada para la elaboración del compost en base a las características del sedimento de vino de mora.
- Elaborar compost con el sedimento de vino de mora de la empresa Alma Natura.
- Analizar la calidad del compost obtenido con el sedimento de la producción de un lote de vino de mora de la empresa Alma Natura.

# CAPÍTULO I

## 1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### 1.1 Vino

Existen muchas definiciones que rodean a este término, sin embargo todas ellas concuerdan en que el vino es un “producto obtenido mediante una transformación de la materia vegetal viva (uva o mosto) por acción de microorganismos vivos (levaduras), liberándose calor y anhídrido carbónico, en el denominado proceso de fermentación”. (García Ortiz, Gil Muela, & García Ortiz, 2009, pág. 17)

#### *1.1.1 Elaboración del vino*

La elaboración de vino comprende un conjunto de operaciones o técnicas requeridas para alcanzar una calidad en el producto, la cual viene determinada en función del proceso de fermentación. (García Curado, 2005, pág. 23)

En la actualidad existen una gran variedad de técnicas para elaborar vino, por lo que los productores pueden escogerlas según sus necesidades. Además, esa es la razón principal por lo que ningún vino tiene un sabor igual. (McCarthy & Ewing-Mulligan, 2012, pág. 3)

Las diferencias en el sabor y la calidad del vino se basan principalmente en el tipo de insumos y materiales que utilizan para su elaboración y, en las condiciones a las que se somete el proceso, entre las cuales podemos citar a:

- Naturaleza del ingrediente principal utilizado (fruta o mosto).
- Material del recipiente utilizado en la fermentación.
- Tamaño del recipiente utilizado en la fermentación.
- Temperatura de la fruta o mosto.
- Tiempo de maduración. (McCarthy & Ewing-Mulligan, 2012, pág. 3)

La elaboración del vino también dependerá del tipo de vino que se desee, sin embargo un procedimiento de elaboración convencional está compuesto de distintas fases y todas ellas empiezan utilizando como materia prima el mosto de la fruta:



- **Fase mecánica:** Se somete al mosto a un proceso de estrujado, despallado (eliminación del hollejo) y sulfatado.
- **Fase de encubado del mosto:** Se coloca el mosto en recipientes y se inicia el proceso de fermentación.
- **Fase de descube:** Se produce una separación de las fases (sólida y líquida) del vino.
- Fase de acabado o fermentación maloláctica: Se produce una transformación del ácido málico en ácido láctico, por acción de bacterias malolácticas. Posteriormente, se produce un proceso de “clarificación, filtración y tipificación”.
- **Fase de envejecimiento:** Es un proceso en el cual se coloca el vino en recipiente de madera, con el objetivo de mejorar su sabor y calidad. (García Curado, 2005, págs. 24-25)

### ***1.1.2 Fermentación alcohólica***

La fermentación alcohólica es un proceso o reacción química, en el cual microorganismos vivos (levaduras) transforman el azúcar presente en la fruta o mosto en alcohol etílico, con una liberación de anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) y calor. (García Curado, 2005, pág. 23)

En el proceso de fermentación se deben controlar ciertos parámetros como por ejemplo el contenido de oxígeno, el cual debe ser relativamente nulo, para evitar que el etanol desaparezca y en su lugar aparezca el ácido acético. Otro parámetro importante es el aumento de temperatura, que produce una volatilización de sustancias aromáticas y, en casos mayores provoca la muerte de las levaduras y por lo tanto, la detención de la fermentación. (García Gallego, 2008, pág. 71)

### ***1.1.3 Fermentación maloláctica***

La fermentación maloláctica es un proceso microbiológico en el cual se produce una “*degradación biológica de la acidez*”, debido a la “*conversión del ácido málico en ácido láctico y anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>)*”, por efecto de las bacterias lácticas. (Paladino, 2015, pág. 1)

Esta fermentación en el vino se efectúa luego de la fermentación alcohólica realizada por acción de las levaduras, con el objetivo de modificar sus características organolépticas. (Paladino, 2015, pág. 2)

#### ***1.1.4 Microbiología del vino***

La microbiología del vino se refiere a todos los microorganismos que influyen directa o indirectamente en su proceso de elaboración y de los cuáles se debe tener mucho cuidado.

Dentro de los principales microorganismos se encuentran:

- Mohos.
- Levaduras.
- Bacterias. (Zoecklein, Fugelsang, Gump, & Nury, 2001, pág. 308)

##### ***1.1.4.1 Mohos***

“*Los mohos son hongos filamentosos, multicelulares*” y por lo general, saprofitos que se reproducen de forma asexual. (Zoecklein, Fugelsang, Gump, & Nury, 2001, pág. 289)

Los mohos deben ser controlados durante todo el proceso de elaboración del vino, ya que son los principales causantes del deterioro de la fruta y calidad del vino. (Zoecklein, Fugelsang, Gump, & Nury, 2001, pág. 289))

##### ***1.1.4.2 Levaduras***

Las levaduras son hongos unicelulares de reproducción asexual, que transforman los azúcares del mosto de la fruta y lo convierten en anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) y alcohol en el proceso de fermentación (Martinez Cuevas, 2010, pág. 1), de esta manera influyen directamente en la “*composición del vino y sus características organolépticas*”. (Orriols Fernández & Blanco Camba, 2010, pág. 6)

Existen diferentes especies de levaduras que crecen y actúan a lo largo proceso, algunas de ellas forman una película sobre la superficie, otras intervienen en la fermentación y existen también especies que matan a otras más débiles. (Zoecklein, Fugelsang, Gump, & Nury, 2001, págs. 290-291)

#### *1.1.4.3 Bacterias*

Las bacterias son microorganismos unicelulares y específicamente en el vino se pueden diferenciar dos tipos de bacterias:

- **Bacterias acéticas:** Producen ácido acético a partir del etanol y azúcar.
- **Bacterias lácticas:** Forman ácido láctico, utilizando el azúcar. (Zoecklein, Fugelsang, Gump, & Nury, 2001, págs. 299-301)

#### *1.1.5 Parámetros de control del vino*

La elaboración del vino es un proceso muy sensible que requiere de ciertas condiciones y controles para garantizar la calidad del producto. Existen muchos parámetros de control, sin embargo se consideran lo más importantes a los siguientes:

- Potencial hidrógeno.
- Temperatura.
- Grados brix.

##### *1.1.5.1 Potencial hidrógeno (pH)*

El pH es el principal parámetro relacionado directamente con el crecimiento microbiano, es decir influye en su tiempo de crecimiento, velocidad y concentración de los metabolitos. (Zoecklein, Fugelsang, Gump, & Nury, 2001, pág. 308)

##### *1.1.5.2 Temperatura*

La temperatura es un parámetro de control importante dentro del proceso de elaboración del vino, ya que influye directamente en la “extracción de los compuestos fenólicos”. Los rangos de temperatura influyen así:

- **Temperaturas bajas (20° - 25°C):** Retienen productos aromáticos,
- **Temperaturas superiores (30°C):** Aumentan la “extracción de antocianinas, taninos y fenoles” y dificultan la fermentación.

La temperatura también influye en el crecimiento microbiano y en la producción de ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S). (Zoecklein, Fugelsang, Gump, & Nury, 2001, pág. 137)

#### *1.1.5.3 Grados brix*

Los grados brix es una escala hidrométrica que permite medir la concentración de azúcar en el vino, principalmente refleja el contenido de sacarosa. Esta medida es un indicador del grado de madurez que presenta la bebida y refleja el posible porcentaje de alcohol que obtendremos al final del proceso. (Asesores de vino, 2010, pág. 1)

#### *1.1.6 Residuos generados en la elaboración del vino*

Los residuos generados como subproducto de la elaboración del vino son considerados como una potencial fuente de recursos económicos, debido a su composición rica en compuestos biodegradables.

El enfoque actual de las industrias es potencializar sus recursos, y como la tecnología avanza constantemente, hoy existen muchas técnicas encaminadas en darle otro uso al residuo y de esta forma reducir su impacto en el ambiente.

Son varios los residuos generados en el proceso de elaboración del vino, que van desde restos vegetales de la fruta hasta restos de productos químicos, sin embargo el principal residuo de interés es el sedimento residual, debido a su cantidad y propiedades.

##### *1.1.6.1 Sedimento*

El sedimento es uno de los principales residuos generados de la elaboración del vino y se define como materia sólida que precipita en el fondo del recipiente que lo contiene.

Los sedimentos del vino se dividen en los siguientes grupos:

- **Vegetales**

Los sedimentos vegetales caen en el estrujado y desaparecen del vino en un mes aproximadamente. (Mundo vino, 2009, pág. 1)

- **Cristales**

Los sedimentos cristales son generados de los ácidos de la uva formados en su baya; cuando el vino está listo, el ácido tartárico equilibra sus estados ácido y sal. Las sales del ácido tartárico son el tartrato neutro de calcio y el bitartrato de potasio que precipitan fácilmente cuando el vino se enfría. (Mundo vino, 2009, pág. 1)

- **Microorganismos**

Los microorganismos predominantes en el vino son los mohos, las bacterias y las levaduras. Las levaduras realizan la fermentación y desaparecen del vino, cuando el azúcar acaba, pero en blancos y rosados permanecen cierto tiempo y si el vino no se clarifica eficientemente antes de ser embotellado se forma sedimento en la botella. (Mundo vino, 2009, pág. 1)

- **Materia colorante**

El color del vino tinto se modifica durante su envejecimiento, formando materia fenólica de la uva y materia fenólica de la madera de roble. Las transformaciones son complejas pero las sustancias que participan en la coloración del vino son los antocianos (responsables del color rojo de los vinos tintos) y los taninos (dan estructura y cuerpo al vino). (Mundo vino, 2009, pág. 1)

## **1.2 Alma Natura**

Alma Natura® fue fundada en Agosto del 2012 en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo.

Esta microempresa fue establecida por Samanta Amaguayo, la cual desempeña en la actualidad el cargo de Gerente General.

Alma Natura®, nace como un proyecto emprendedor a través de prácticas artesanales, ofreciendo: Vino de mora, maracuyá y de tuna; mermeladas de mora con remolacha, zanahoria con naranja y tuna y también frutas deshidratadas.

Productos Alma Natura® abrieron mercado en la Fundación ERPE, para luego presentarse en Ferias de Emprendimiento organizadas por el GAD Chimborazo, en ferias de Ecuador Cultura Gourmet impulsadas por el Ministerio de Industrias dando como resultado una gran acogida que

esto impulsó a que se consolide la marca y se determinó el lugar donde hasta ahora se llevan a cabo los procesos.

Desde el inicio del proyecto se contó con el apoyo de Mis Frutales, empresa responsable de proveer pulpas de frutas de la zona rural de la provincia de Chimborazo, para la elaboración de vinos y mermeladas.

Los vinos son elaborados con frutas seleccionadas y fermentados en el templado clima riobambeño, bajo un estricto proceso que le da las mejores condiciones para mantener su sabor y aroma únicos, capturados naturalmente de la fruta ecuatoriana.

Para producción de frutas deshidratadas se cuentan con proveedores específicos de la zona de Chimborazo y Tungurahua, dando preferencia a frutas orgánicas.

### ***1.2.1 Vino de mora***

El vino de mora al igual que el de otras frutas (excepción de la uva) es considerado como un “*jugo fermentado*” obtenido mediante un proceso de fermentación, en el cual la fruta o el mosto se transforma por acción de las levaduras para obtener alcohol, con una liberación de calor y anhídrido carbónico. (García Curado, 2005, pág. 21)

#### ***1.2.1.1 Mora***

La mora es una fruta silvestre pequeña con aroma y sabor profundo que se la puede encontrar en arbustos, “pertenece a la familia de las Rosáceas, específicamente al género *Robus*”. (Fuchs, 2012, pág. 1)

Esta fruta crece en bosques y llanuras con elevada precipitación, por lo general en zonas soleadas. Poseen redondos y alargados granos agrupados entre sí, en forma de racimo. (Fuchs, 2012, pág. 1)

La coloración de la mora es variada a lo largo del proceso de maduración, comienza siendo blanca verdosa, luego se torna roja y por último se convierte en púrpura oscura, muy brillante.

La mora es muy utilizada por el hombre debido a sus propiedades beneficiosas, entre las cuales destacan alto contenido de vitaminas (C y E), minerales (calcio, hierro y potasio) y fibra. Además, posee una alta acción antioxidante, antiinflamatoria, antibacteriana y es rica en pigmentos naturales (antocianos y carotenoides). (Fuchs, 2012, pág. 1)

### 1.2.1.2 Procedimiento de elaboración

La elaboración de vino generado por la empresa Alma Natura consta de las siguientes etapas:

Recepción de materia prima:

- La materia prima es receptada y seleccionada en base a un estricto control de calidad cumpliendo con especificaciones técnicas propias de cada una de ellas; así:
- La pulpa de mora utilizada en la elaboración del vino son adquiridas de la empresa Mis Frutales ubicada en la provincia de Chimborazo la cual cuenta con certificación BPM.
- El agua desmineralizada y el azúcar refinada son adquiridas en puntos de ventas locales.
- El ácido tartárico al igual que el meta bisulfito de sodio son obtenidos en la ciudad de Quito en sitios de distribución de insumos química.
- Levadura: LALVIN EC-1118 (*Saccharomyces cerevisiae*) y filtros son importados de Canada.

Elaboración de mosto:

- En un tanque de 200 litros se coloca 90 kg de pulpa de mora.
- Añadir 130 litros de agua desmineralizada. Mezclar.
- Medir grados brix, pH.
- Añadir 12 g de metabisulfito de sodio.
- Dejar reposar por 24 horas.
- Añadir 50 kg de azúcar.
- Medir grados brix, pH.
- Añadir 45 g de levadura.
- Dejar reposar por 1 mes.
- Medir grados brix, pH.
- Dejar reposar hasta que los grados brix lleguen a 8 y el pH 3.6.
- Añadir 10 g de metabisulfito de sodio
- Dejar reposar hasta su separación.
- Realizar el trasiego 3 veces.
- Posteriormente filtrar por 2 veces consecutivas.

Empaquetado:

- Envasado.
- Sellado.
- Etiquetado.

### **1.3 Compostaje**

El compostaje es un “proceso utilizado para estabilizar y desinfectar subproductos orgánicos, con la finalidad de valorizar los residuos orgánicos mediante su empleo como enmiendas de suelos o componentes de sustratos de cultivo”. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, pág. 287)

#### ***1.3.1 Compost***

El compost es el producto generado luego de la descomposición controlada de material sólido orgánico o desperdicios orgánicos y vegetales por medio de microorganismos y su respiración aerobia, con el objetivo de:

- Disminuir o reducir la masa y volumen gracias a la volatilización del carbono orgánico en CO<sub>2</sub>.
- Reusar y aprovechar recursos orgánicos producidos, y regresar los nutrientes al suelo de manera que se encuentren en formas más asimilables para las plantas. (Monroy H & Viniegra G, 1990 ; Pinzón A, Rincón Acosta, & Mejía Caicedo, 2004)

#### ***1.3.2 Elaboración del compost***

La elaboración del compost inicia con la recolección de la materia orgánica, la cual presenta grandes cantidades de hongos y bacterias; estos microorganismos al inicio del proceso aumentan su cantidad, dando así a la degradación siempre y cuando estos presenten las condiciones favorables de temperatura, pH, humedad, entre otras. (Monroy H & Viniegra G, 1990)

La actividad microbiana aumenta la temperatura debido a las oxidaciones biológicas exotérmicas; además, la materia orgánica no cuenta con una buena conductividad térmica es decir, actuará como aislante térmico y logrando que el calor se mantenga en la pila de compost. (Monroy H & Viniegra G, 1990)



El compost en bloques se usa generalmente en zonas frías con temperaturas máxima de 30°C, es así que se eliminan bacterias patógenas anaerobias. (Pinzón A, Rincón Acosta, & Mejía Caicedo, 2004)

### **1.3.3 Parámetros de control del compostaje**

#### *1.3.3.1 Potencial hidrógeno (pH)*

El pH influye directamente en el proceso de compostaje, debido a su acción sobre la dinámica de la actividad microbiana. Además, el pH está relacionado con la humedad, ya que si está en exceso se produce condiciones anaerobias que liberan ácidos orgánicos, originando un descenso del pH. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, pág. 98)

Durante el proceso de compostaje se presentan tres fases:

- **Primera fase:** Disminución del pH (acidificación), por la acción de los microorganismos sobre la materia orgánica más frágil, generándose ácidos orgánicos.
- **Segunda fase:** Aumento del pH (alcalinización), por la descomposición de proteínas que generan amoníaco.
- **Tercera fase:** pH neutro, por la formación de compuestos húmicos. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, pág. 98)

#### *1.3.3.2 Temperatura*

La temperatura es un parámetro de vital importancia en el proceso de compostaje, ya que es el principal responsable de la actividad microbiana; al inicio el material a compostar presenta una temperatura uniforme, pero “*al crecer los microorganismos se genera calor aumentando la temperatura*”, lo que acelerará la descomposición y mineralización. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, pág. 96)

La pérdida de calor en las pilas o camas de compostaje será proporcional a la superficie de cada una; la generación de calor será proporcional al volumen de cada una; si son pilas con mayor tamaño presentarán aumentos continuos en la temperatura, lo que no sucede con pilas pequeñas en las cuales su temperatura presentará estancamientos. (Monroy H & Viniegra G, 1990) (Pinzón A, Rincón Acosta, & Mejía Caicedo, 2004)

La descomposición aeróbica presenta tres fases:

- Fase mesófila inicial ( $T < 45^{\circ}\text{C}$ ).
- Fase termófila ( $T > 45^{\circ}\text{C}$ ).
- Fase mesófila final. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, pág. 96)

#### 1.3.3.3 Humedad

El contenido de humedad puede revelarnos situaciones diferentes respecto a la biodisponibilidad del agua para la carga microbiológica, y también estará sujeta a las características físicas y químicas de los materiales orgánicos usados en la pila de compostaje. “La actividad del agua es el factor que mejor describe el estado en que ésta se encuentra presente y el grado de dificultad que puede tener los diversos tipos de microorganismos para utilizarla para su crecimiento”. (Monroy H & Viniegra G, 1990)

El contenido de agua en la masa de compostaje “*no debe ocupar totalmente los poros de dicha masa, para que permita la circulación de oxígeno y otros gases producidos en la reacción*”. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, pág. 97)

La humedad óptima para el crecimiento microbiano oscila entre 50 - 70%; por debajo del 30% decrece la actividad biológica y por encima del 70% “*el agua desplaza el aire en los espacios libres existentes entre las partículas*” y produce un ambiente anaerobio. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, pág. 98)

#### 1.3.3.4 Relación C:N

La relación C:N es uno de los aspectos más determinantes e importantes en el proceso de compostaje ya que la gran mayoría de microorganismos usan aproximadamente 30 partes en peso de carbono por cada parte de nitrógeno, es así que una relación C:N de 30 logrará una fermentación más rápida y eficiente. Sin embargo, puede estar entre un rango de 26 a 35. (Monroy H & Viniegra G, 1990)

La relación C:N influye en la “velocidad del proceso de compostaje y en la pérdida de amonio; si la relación C:N es mayor que 40 la actividad biológica disminuye y los microorganismos deben oxidar el exceso de carbono”, para lo cual se necesita nuevas especies de microorganismos, que al morir el nitrógeno presente en su biomasa se recicla reduciendo la relación C:N. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, págs. 101-102)

#### 1.3.3.5 Aireación

La aireación se requiere para proporcionar oxígeno y extraer el calor producido. La cantidad de oxígeno que se consuma durante el compostaje dependerá de las temperaturas que presente la pila, el tamaño de las partículas y la materia prima usada. (Monroy H & Viniegra G, 1990)

El volteo se lo realiza por periodos, dependiendo de la humedad y la temperatura que presente el compost; sin embargo, se recomienda hacer un volteo cada cuatro días.

Una aireación insuficiente provoca la aparición de microorganismos anaerobios que sustituirán a los aerobios, originando un retardo en la descomposición con una generación de anhídrido sulfúrico que provoca malos olores. En cambio, un exceso de aireación puede provocar que la masa se enfríe y deseque, con la reducción de la “*actividad metabólica*” microbiana. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, pág. 99)

#### 1.3.3.6 Tamaño de la partícula

El tamaño de la partícula es un parámetro que influye en la optimización del proceso de compostaje, con una mayor “*superficie expuesta al ataque microbiano por unidad de masa, más rápida y completa será la reacción*”; por lo que es recomendable desmenuzar el material, para facilitar la acción de los microorganismos y acelerar el proceso. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, pág. 101)

#### 1.3.3.7 Nutrientes

“*La característica química más importante de los sustratos es su composición elemental*”, ya que los microorganismos sólo aprovechan compuestos simples. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, pág. 102)

Los micronutrientes más importantes en el desarrollo microbiano son:

- **Carbono:** Síntesis celular y formación del protoplasma, lípidos, grasas y carbohidratos.
- **Nitrógeno:** Producción celular.
- **Fósforo:** Formación de compuestos celulares ricos en energía. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, pág. 103)

### 1.3.3.8 *Materia orgánica*

La materia orgánica es el principal determinante de la calidad agronómica del compost. En el proceso de compostaje la materia orgánica tiende a mineralizarse, con pérdidas de carbono en forma de anhídrido carbónico, generadas en dos etapas:

- **Primera etapa:** Decrecimiento de carbohidratos.
- **Segunda etapa:** Degradación de compuestos resistentes y transformación en compuestos húmicos. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, pág. 104)

“La velocidad de transformación de la materia orgánica depende de su naturaleza física y química, de los microorganismos que intervienen y de las condiciones físico - químicas del proceso”. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, pág. 104)

### 1.3.4 *Microorganismos y el compostaje*

Los microorganismos desarrollados durante el compostaje afectan positiva y negativamente el proceso. Los microorganismos beneficiosos tienen funciones variadas en el proceso, algunos biotransforman la materia orgánica utilizando oxígeno, obteniendo un compost de calidad; otros son degradadores de compuestos contaminantes, utilizados para obtener un compost biodescontaminador y finalmente los microorganismos de acción antagónica frente a patógenos. Sin embargo, también existen los microorganismos perjudiciales, que son los causantes de la generación de olores y los patógenos. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, págs. 113-114)

#### 1.3.4.1 *Microorganismos beneficiosos*

Los microorganismos quimioheterótrofos intervienen en la biotransformación de la materia orgánica, para lo cual utilizan “sustratos orgánicos como fuente de carbono y energía en presencia de oxígeno, siguiendo rutas metabólicas que convergen en el ciclo de Krebs”. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, pág. 114)

La “energía generada se disipa en forma de calor” y guarda relación con el sustrato utilizado, por lo que durante el proceso de compostaje la disposición del sustrato debe impedir tal disipación, es decir, se debe utilizar un “mínimo de material apilado”, para que así atrapar el calor y propiciar una retroalimentación. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, pág. 114)

El calor acelera la actividad metabólica de los microorganismos, generándose progresivamente más calor, de tal forma que a cierta temperatura sólo sobreviven algunas bacterias, que no mantienen la temperatura e inmediatamente se produce una fase de enfriamiento. Estas variaciones térmicas son las que propician la sucesión microbiana, eliminan microorganismos patógenos y modifican las propiedades fisicoquímicas de los sustratos. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, pág. 114)

En función de las “*variaciones térmicas y las reacciones metabólicas*”, se distinguen las siguientes fases en el proceso de compostaje:

- “Fase mesófila (10 - 42°C).
- Fase termófila (45 - 70°C).
- Fase de enfriamiento o segunda fase mesófila.
- Fase de maduración”. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, pág. 115)

Sin embargo, en función de la “*actividad microbiana y los sustratos disponibles*” el proceso se divide en las siguientes fases:

- “Fase bio - oxidativa o de crecimiento activo de los microorganismos (nutrientes abundantes).
- Fase de maduración (nutrientes limitantes)”. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, pág. 115)

#### 1.3.4.2 *Microorganismos perjudiciales*

Los microorganismos perjudiciales en el proceso de compostaje se diferencian en dos grupos:

- **Microorganismos causantes de la generación de olor**

Durante el proceso de compostaje se pueden generar malos olores a causa de “*compuestos orgánicos volátiles (COVs) y amoniacales*”, que por lo general son generados por los microorganismos, a través de su metabolismo, que indica “*fallos de operación o preparación del material original*”. La intensidad del olor depende del tipo de microorganismo y está influenciada por “*condiciones nutricionales y ambientales*”. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, pág. 117)

Los COVs se generan en condiciones de anoxia y en las primeras fases del proceso de compostaje, en el que existe una elevada actividad microbiana que consume un alto porcentaje

de oxígeno. Las bacterias son las principales generadoras de este tipo de compuestos, principalmente sulfuros, hidrocarburos y alcoholes. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, pág. 117)

El amoníaco se debe a un exceso de compuestos nitrogenados, presentes en el material original, principalmente generado en la fase termófila del proceso de compostaje, en el cual se producen “*reacciones catabólicas de compuestos nitrogenados*”, como consecuencia de la “*proteólisis de bacterias*”. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, pág. 117)

- **Microorganismos patógenos**

Los microorganismos patógenos provienen del material natural utilizado para el proceso de compostaje. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, pág. 117)

La eliminación de estos patógenos a lo largo del proceso se debe a varios factores como:

- “Elevadas temperaturas.
- Producción de compuestos antimicrobianos (compuestos fenólicos).
- Actividad lítica de las enzimas microbianas.
- Producción de antibióticos.
- Competencia de microorganismos por nutrientes.
- Pérdida natural de la viabilidad del patógeno”. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, págs. 117-118)

### ***1.3.5 Sucesión microbiana durante el compostaje***

El crecimiento microbiano a lo largo del proceso de compostaje sigue un patrón predecible, independientemente del tipo de sustrato. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, pág. 130)

#### ***1.3.5.1 Componentes iniciales***

Los microorganismos presentes en el material a compostar son variables y están en función del sustrato y las condiciones en que es conservado. Por lo general, predominan los hongos, cuando el sustrato es conservado en condiciones secas. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, pág. 130)

### 1.3.5.2 Fase mesófila inicial

En la fase mesófila inicial ocurre lo siguiente:

- Incremento de la temperatura de 10°C a 40°C.
- Variaciones del pH (disminuye por generación de ácidos orgánicos)
- Degradación de compuestos orgánicos simples.
- Actuación de microorganismos (bacterias y hongos mesófilos y termotolerantes).
- Predominio de bacterias con metabolismo oxidativo y fermentativo (bacterias Gram negativas y productoras de ácido láctico).
- Baja riqueza de especies fúngicas. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, págs. 130-131)

### 1.3.5.3 Fase termófila

En la fase termófila ocurre lo siguiente:

- Proliferación de microorganismos termotolerantes y termófilos (actinomicetos, *bacillus spp.* y bacterias Gram negativas).
- Inhibición de microorganismos no termotolerantes (patógenos y parásitos).
- Reducción de hongos y levaduras al inicio y eliminación completa a los 60°C.
- Inhibición de la microbiota mesófila.
- Ralentización de la temperatura, por ausencia de microorganismos termófilos.
- Incremento de la temperatura, por aumento de microorganismos termófilos.
- Descenso de la diversidad microbiana.
- Predominio de actinomicetos, por ausencia de nutrientes.
- Liberación de amoníaco, por metabolización de proteínas.
- Aumento del pH (alcalinización).
- Tasas de degradación elevadas.
- Inhibición de los microorganismos y limitación del suministro de oxígeno (> 60°C)
- Disminución de la temperatura. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, págs. 131-132)

#### 1.3.5.4 *Etapas de enfriamiento y maduración*

En las etapas de enfriamiento y maduración termófila ocurre lo siguiente:

- Crecimiento de una nueva comunidad mesófila diferente.
- Predominio de hongos y actinomicetos que degradan compuestos complejos.
- Baja riqueza de bacterias mesófilas, que oxidan materia orgánica, hidrógeno, nitritos y sulfuros, reducen sulfatos, producen exopolisacáridos y nitritos a partir de amonio, en condiciones heterotróficas.
- Estabilización y complejidad de la comunidad microbiana.
- Degradación estabilización final de la materia orgánica por parte de hongos, bacterias, protozoos, nematodos y miriápodos. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, pág. 132)

#### 1.3.6 *Calidad del compost*

La calidad del compost está en función de su “aspecto y olor aceptables, higienización correcta, impurezas y contaminantes a nivel de trazas, nivel conocido de componentes agrónomicamente útiles y, características homogéneas y uniformes”. Mientras mayor sea el número de parámetros que cumpla el compost, mayor será su calidad. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, pág. 288)

Los principales aspectos que determinan la calidad de un compost son los siguientes:

- **Material inicial:** La calidad del material inicial (sustrato) determinará la calidad del producto final (compost).
- **Proceso de compostaje:** Debe existir una correcta higienización del compost, por acción de temperaturas elevadas (> 60°C).
- **Almacenaje del producto final:** Se debe cuidar las condiciones de almacenaje del producto final; las condiciones anaerobias generan malos olores. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, pág. 289)

Además, los parámetros a controlar en la calidad del compost, también dependerán del uso final que se le dará. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2011, pág. 289)



### 1.3.6.1 Índices de calidad del compost

El compost es utilizado como “fuente de materia orgánica, nutrientes y oligoelementos de liberación lenta” en la agricultura y jardinería. (Gómez Palacios & Estrada de Luis, 2005, pág. 9)

La calidad del compost está determinada por los factores o parámetros anteriormente mencionados, los cuales son controlados en función a los siguientes índices de calidad:

- **Índices químicos y físico - químicos**

Los análisis químicos y físico - químicos son sencillos y económicos entre los cuales destacan: “pH, conductividad eléctrica, amonio, carbono y nitrógeno total o solubles en agua, capacidad de intercambio catiónico y ácidos grasos volátiles”. (Gómez Palacios & Estrada de Luis, 2005, pág. 10)

- **Índices microbiológicos**

Los índices microbiológicos se utilizan para garantizar la higienización del compost y como verificación de la eficiencia del proceso de compostaje; para lo cual se utilizan dos tipos de microorganismos, que deben cumplir con ciertos criterios. (Gómez Palacios & Estrada de Luis, 2005, pág. 10)

#### **Microorganismos indicadores:**

- Tener características de crecimiento (temperatura, pH, entre otros) similares a las de los patógenos.
- Ser susceptibles de determinación por técnicas analíticas sencillas, fiables, precisas y baratas.
- Resistir a los tratamientos similar o mayor que los patógenos.
- Tener concentración y evolución correlacional con los patógenos.
- Soportar desinfectantes y estrés ambiental al mismo nivel que los patógenos. (Gómez Palacios & Estrada de Luis, 2005, pág. 11)

#### **Microorganismos test:**

- Ser resistentes a las condiciones físicas y químicas del tratamiento.
- Tener condiciones de aislamiento y cultivo sencillas.
- Tener bajo potencial de transmisión y bajo riesgo sanitario.
- Bajo coste de los análisis. (Gómez Palacios & Estrada de Luis, 2005, pág. 11)

- **Índices de madurez y estabilidad**

Los índices de madurez y estabilidad son utilizados para determinar el “*grado de descomposición de la materia orgánica durante el proceso de compostaje*”. El nivel de actividad de la biomasa microbiana se determina con la estabilización, y el grado de descomposición de los compuestos fitotóxicos con la madurez. (Gómez Palacios & Estrada de Luis, 2005, pág. 11)

Los principales índices de estabilidad utilizados son el “*test respirométrico (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>), la demanda de oxígeno y el test de autocalentamiento*”. En cuanto a los principales índices de madurez utilizados están la “*concentración de amonio, los ácidos orgánicos volátiles y el test de germinación*”. (Gómez Palacios & Estrada de Luis, 2005, págs. 11-12)

- **Índices bioquímicos**

Los índices bioquímicos son utilizados para determinar la actividad metabólica de la biomasa microbiana. Sin embargo, no son muy utilizados debido a sus excesivos costos y complejidad. (Gómez Palacios & Estrada de Luis, 2005, pág. 12)

Los principales índices bioquímicos conocidos son la “*mineralización de nitrógeno, la tasa de respiración, la actividad enzimática y el contenido de ATP*”. (Gómez Palacios & Estrada de Luis, 2005, pág. 12)

- **Índices eco - biológicos**

Los índices eco - biológicos son relativamente nuevos y se utilizan para determinar la estructura “*trófica del compost y su calidad de uso para suelos y cultivos específicos*”. Con este tipo de índices se podría definir un “*compost con predominancia fúngica o bacteriana y determinar su compatibilidad con determinados tipos de suelos y cultivos*”. (Gómez Palacios & Estrada de Luis, 2005, pág. 12)

## **1.4 Rangos óptimos de calidad de compost**

### **1.4.1 FAO**

El proceso del compostaje es un proceso biológico aerobio, es por eso que necesita un constante monitoreo de parámetros indispensables que podrían afectar este crecimiento y degradación de

la materia orgánica; además de las condiciones ambientales. (Román, Martínez, & Pantoja, 2013, pág. 25)

#### 1.4.1.1 Oxígeno

**Tabla 1-1.**Control de la aireación.

PORCENTAJE DE AIREACIÓN	PROBLEMA		SOLUCIONES
<5%	Baja aireación	Insuficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis.	Volteo de la mezcla y/o adición de material estructurante que permita la aireación.
<b>5% - 15% Rango ideal</b>			
>15%	Exceso de aireación Descenso de temperatura y evaporación del agua, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua.	Exceso de aireación Descenso de temperatura y evaporación del agua, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua.	Picado del material a fin de reducir el tamaño de poro y así reducir la aireación. Se debe regular la humedad, bien proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (restos de fruta y verduras, césped, purines u otros).

Fuente: FAO, 2016, pág. 26.

### 1.4.1.2 Humedad

**Tabla 2-1.** Parámetros de humedad óptimos.

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

Fuente: FAO, 2016, pág. 27.

### 1.4.1.3 Temperatura

**Tabla 3-1.** Parámetros de temperatura óptimos.

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

Fuente: FAO, 2016, pág. 28.

#### 1.4.1.4 Potencial Hidrógeno (pH)

**Tabla 4-1.** Parámetros de pH óptimos.

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

Fuente: FAO, 2016 pág. 29.

#### 1.4.1.5 Relación C:N

**Tabla 5-1.** Parámetros de la relación C:N.

<b>C:N</b>	<b>CAUSAS ASOCIADAS</b>		<b>SOLUCIONES</b>
<b>&gt;35:1</b>	Exceso de Carbono	Existe en la mezcla una gran cantidad de materiales ricos en carbono. El proceso tiende a enfriarse y a ralentizarse.	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C:N.
<b>15:1-35:1 Rango ideal</b>			
<b>&lt;15:1</b>	Exceso de nitrógeno	En la mezcla hay una mayor cantidad de material rico en nitrógeno, el proceso tiende a calentarse en exceso y se genera malos olores por el amoníaco liberado.	Adición de material más seco y con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín).

Fuente: FAO, 2016, pág. 29.

1.4.1.6 Parámetros de compostaje

**Tabla 6-1.** Parámetros del compostaje.

<b>PARÁMETRO</b>	<b>RANGO IDEAL AL COMIENZO (2-5 DÍAS)</b>	<b>RANGO IDEAL PARA COMPOST EN FASE TERMÓFILA II (2-5 SEMANAS)</b>	<b>RANGO IDEAL DE COMPOST MADURO (3-6 MESES)</b>
<b>C:N</b>	25:1-35:1	15/20	10:1-15:1
<b>Humedad</b>	50%-60%	45%-55%	30%-40%
<b>Concentración de oxígeno</b>	~10%	~10%	~10%
<b>Tamaño de partícula</b>	<25 cm	~15 cm	<1.6 cm
<b>pH</b>	6.5-8.0	6.5-8.5	6.5-8.5
<b>Temperatura</b>	45-60°C	45°C-temperatura ambiente	Temperatura ambiente
<b>Densidad</b>	250-400 Kg/m <sup>3</sup>	<700 Kg/m <sup>3</sup>	<700 Kg/m <sup>3</sup>
<b>Materia orgánica (Base seca)</b>	50%-70%	>20%	>20%
<b>Nitrógeno Total (Base seca)</b>	2.5-3%	1-2%	~1%

Fuente: FAO, 2016, pág. 31.

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 Diseño experimental

##### 2.1.1 *Tipo y diseño de investigación*

El tipo de investigación de acuerdo a la evaluación de sedimento de vino de mora de la empresa Alma Natura y su uso en la elaboración de compost en la ciudad de Riobamba, es exploratoria, ya que no existe una cantidad considerable de estudios específicos sobre esta temática del tratamiento de sedimentos en la industria del vino en el Ecuador; además, de ser exploratoria también es explicativa debido a las caracterizaciones de sedimento y de compost de lo cual se cuenta con basta bibliografía para la ejecución.

##### 2.1.2 *Unidad de análisis*

Para la evaluación de sedimento de vino de mora de la empresa alma natura y su uso en la elaboración de compost en la ciudad de Riobamba, su unidad de análisis correspondió a una cantidad representativa de sedimento de vino de mora generada en la producción de un lote.

##### 2.1.3 *Población de estudio*

La población de estudio de la investigación es el sedimento total generado por lote en la producción de vino de mora en la empresa Alma Natura.

##### 2.1.4 *Tamaño de muestra*

El tamaño de la muestra dependió de la cantidad o volumen del sedimento requerido por los parámetros a ser analizados y de la cantidad de sedimento total que generó la empresa Alma Natura en la producción de vino de mora.



En la producción de vino de mora de la empresa Alma Natura se produjo aproximadamente 30 Kg de sedimento por lote; es así que el tamaño de la muestra con un nivel de confianza del 95% se determinó de la siguiente manera:

$$n = \frac{Z^2 \times p \times q \times N}{(N \times E^2) + (Z^2 \times p \times q)}$$

$$n = \frac{(1.96)^2(0.5)(0.5)(30 \text{ Kg})}{((30 \text{ Kg})(0.05)^2) + ((1.96)^2(0.5)(0.5))}$$

$$n = 26.70 \text{ Kg}$$

Se realizó pilas de compost con 3 concentraciones de sedimento al 5%, 10% y 15% con 3 repeticiones y 3 pilas adicionales sin sedimento.

### **2.1.5 Selección de muestra**

La selección de la muestra se realizó mediante una técnica de muestreo al azar compuesto, en el cual se dividió el sedimento en subunidades, dentro de esta se tomó muestras puntuales de cada subunidad, luego las muestras obtenidas se homogenizaron y se dividieron nuevamente en subunidades, se obtuvo muestras puntuales de volumen menor a las anteriores. Esto se repitió hasta obtener el tamaño de la muestra deseada.

## **2.2 Metodología**

### **2.2.1 Localización de la experimentación**

La experimentación del presente trabajo de titulación se llevó a cabo en una parcela de terreno ubicada en el sector Medio Mundo, del cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

### **2.2.2 Caracterización de sedimento**

El sedimento que se obtuvo de un lote de producción de vino de mora de la empresa Alma Natura, es de aproximadamente de 30 kg; se realizó un muestreo aleatorio simple, se obtuvo 1 kg de sedimento de vino de mora, el cual se usó para su caracterización en el laboratorio mediante diferentes técnicas dentro de las cuales se encuentran:

### 2.2.2.1 Caracterización microbiológica

- Determinación de carga microbiológica
  - Materiales
    - Placas Petrifilm™ YM- Recuento de mohos y levaduras
    - Placas Petrifilm™ CC- Recuento de Coliformes fecales
    - Placas Petrifilm™ AC- Recuento de aerobios
    - Muestra de sedimento
    - Micropipeta
    - Tubos de ensayo
    - Agitador vórtex
    - Contador de colonias
  - Procedimiento

En 9 mL de agua destilada se añadió 1 g de muestra y de manera inclinada se sometió al agitador vórtex por 15 segundos. Se tomó 1 mL de la preparación y se vertió en la placa Petrifilm™ una dilución de  $10^{-1}$ .

Se tomó 1 mL de muestra dilución de  $10^{-1}$  y se añadió 9 mL de agua destilada y posteriormente se agitó, se obtuvo una dilución de  $10^{-2}$ . Se repitió el proceso una vez más y se obtuvo una dilución a la  $10^{-3}$ .

Se ubicó en una estufa por 72 h a 25°C las placas Petrifilm™ YM- Recuento de mohos y levaduras; y las demás placas por 24h a 32°C. Se realizó el conteo por cada placa con ayuda del contador de colonias.

- Determinación de bacterias ácido lácticas
  - Materiales
    - Agar MRS
    - Cajas Petri
    - Agitador magnético
    - Agua destilada
    - Autoclave

- Cámara de flujo
- Jarra de anaerobiosis

– Procedimiento

Se disolvió 2.8 g de agar MRS en 40 mL de agua destilada, con la ayuda del agitador magnético posteriormente se calentó por un minuto después de hervir.

Se distribuyó el agar en las cajas Petri esterilizadas dentro de la cámara de flujo, se aguardó hasta que se solidifique. Con las diluciones anteriormente citadas se sembró 1 mL por cada caja. Se ubicó las cajas en una jarra de anaerobiosis y se sometió a la estufa por 24 h a 35-37°C.

- Determinación de Salmonella

– Materiales

- Agar Salmonella-Shiguelia
- Cajas Petri
- Agitador magnético
- Agua destilada
- Autoclave
- Cámara de flujo

– Procedimiento

Se disolvió 6 g de agar *Salmonella-Shiguelia* en 100 mL de agua destilada, con la ayuda del agitador magnético posteriormente se calentó por un minuto después de hervir.

Se distribuyó el agar en las cajas Petri esterilizadas dentro de la cámara de flujo, se aguardó hasta que se solidifique. Con las diluciones anteriormente citadas se sembró 1 mL por cada caja. Se sometió a la estufa por 24 h a 35-37°C.

- Determinación de morfología

– Materiales

- Asa estéril
- Portaobjetos
- Mechero

- Cristal violeta
- Lugol
- Alcohol
- Safranina
- Agua destilada
- Aceite de inmersión
- Microscopio

- Procedimiento

Con la ayuda de un asa estéril se tomó una muestra de colonia presente en nuestras cajas Petri mencionadas anteriormente, y se distribuyó de manera homogénea sobre el portaobjeto con ayuda de agua estéril. Se selló la muestra con ayuda del mechero.

Se añadió cristal violeta y la dejamos por 1 minuto, se decantó y enjuagó con agua destilada, posteriormente se añadió lugol y se lo dejó por un minuto y luego se enjuagó con agua destilada. Se añadió unas gotas de alcohol y se lo decantó, se añadió safranina durante un minuto y posteriormente se lo enjuagó con agua destilada. Se dejó secar por unos minutos.

Se colocó aceite de inmersión para observarlo en el microscopio.

#### 2.2.2.2 *Caracterización física*

- Humedad

- Materiales

- Estufa
- Sedimento
- Papel aluminio
- Balanza

- Procedimiento

Se pesó el papel aluminio y aproximadamente 10 gramos de muestra. Se sometió a la estufa por 105°C por 24 h.

Se pesó el material y con los datos obtenidos se calculó el porcentaje de humedad aplicando la ecuación establecida en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 690 del año 1982. (Norma Técnica Ecuatoriana INEN 690, 1982)

### 2.2.2.3 Caracterización química

- pH
  - Materiales
    - pHmetro
    - Vaso de precipitación
  - Procedimiento

Se tomó 50 ml de muestra en un vaso de precipitación, posteriormente se midió el potencial hidrogeno con la ayuda del pHmetro.

### 2.2.3 Elaboración de pilas de compost

#### 2.2.3.1 Formulación de pilas de compost

La formulación se determinó mediante fuente bibliográfica y en función de la materia prima generada en mayor proporción en el cantón Riobamba; además se tuvo en cuenta el aporte de cada uno de ellos al compost.

Un factor fundamental para la formulación fue el sedimento de vino de mora de la empresa Alma Natura, por lo que se estableció 4 concentraciones al 0, 5, 10 y 15%.

**Tabla 1-2.** Formulación de pilas de compost.

INÓCULO		MATERIA ORGÁNICA (%)				TOTAL
Sedimento (%)	Estiércol semiseco	Residuos vegetales	Carbón vegetal molido	Melaza	Cal viva	%
5	42.6	39	3.8	1	8.6	100
10	40.1	36.5	3.8	1	8.6	100
15	37.6	34	3.8	1	8.6	100
0	45	41	4	1	9	100

Fuente: Realizado por: Amaguayo Mishel, 2016.

La Tabla 1-2. muestra los porcentajes de cada componente del compost, integrando 4 concentraciones de sedimento al 0, 5, 10 y 15%.

### 2.2.3.2 *Muestra de sedimento*

- Materiales
  - o Baldes de plástico
  - o Espátula

- Procedimiento

Se tomó con ayuda de una espátula el sedimento de un lote de vino. Esta muestra fue aleatoria simple. Se obtuvo 30 Kg de sedimento.

### 2.2.3.3 *Construcción de pilas de compost*

Se construyeron 3 pilas en función de cada concentración de sedimento.

- Materiales
  - o Estiércol bovino
  - o Estiércol de cuy
  - o Residuos vegetales (col, nabo, lechuga)
  - o Carbón vegetal
  - o Melaza
  - o Cal
  - o Sedimento de vino de mora
  - o Plástico
  - o Pala
  - o Balanza
  - o Agua

- Procedimiento

Se consiguió la materia prima en el Mercado –Mayorista del cantón Riobamba. Se trasladó los materiales al predio ubicado en el sector Medio Mundo, se picó y trituró el material a utilizar, se pesó la cantidad establecida en la formulación.

## **2.2.4 Caracterización inicial**

### **2.2.4.1 Muestreo de pila de compost**

- Materiales
  - o Funda ZIPLOC
  - o Espátula
- Procedimiento

Para la caracterización inicial se tomó 1 kg de muestra de la parte media de la pila de compost a los 2 días de su construcción y se depositó en una funda ZIPLOC rotulada.

### **2.2.4.2 Análisis de pila de compost**

La muestra de pila de compost recolectada se trasladó al Departamento de Suelos de la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se mantuvo la cadena de custodia adecuada. Los parámetros que se analizó fueron pH, %M.O, %N, %P, %K y Relación C:N.

## **2.2.5 Parámetros de control**

### **2.2.5.1 Temperatura**

- Materiales
  - o Termómetro
- Procedimiento

La temperatura se tomó los 5 primeros días, a partir del sexto día se midió cada cuatro días en cada pila.

### 2.2.5.2 *pH*

- Materiales

- o pHmetro

- Procedimiento

El pH se tomó los 5 primeros días, a partir del sexto día se lo midió en un periodo de cada cuatro días para cada pila.

### 2.2.5.3 *Determinación de carga microbiana*

- Materiales

- o Placas Petrifilm™ YM- Recuento de mohos y levaduras
- o Placas Petrifilm™ AC- Recuento de aerobios
- o Muestra de pila de compost
- o Micropipeta
- o Tubos de ensayo
- o Agitador vórtex
- o Contador de colonias

- Procedimiento

En 9 mL de agua destilada se añadió 1 g de muestra y de manera inclinada se sometió al agitador vórtex por 15 segundos. Se tomó 1 mL de la preparación y se vertió en la placa Petrifilm™ una dilución de  $10^{-1}$ .

Se tomó 0.1 mL de muestra dilución de  $10^{-1}$  y se añadió en 9.9 mL de agua destilada y se agitó, de ésta manera se obtuvo una dilución  $10^{-3}$ . Se repitió el proceso una vez más para obtener una dilución a la  $10^{-5}$ .

Se ubicó en una estufa por 72 h a 25°C las placas Petrifilm™ YM- Recuento de mohos y levaduras; y las demás placas por 24h a 32°C. Se realizó el conteo por cada placa con ayuda del contador de colonias.

Se realizó a los 2, 30 y 60 días de la construcción de la pila de compost.



#### 2.2.5.4 *Humedad*

Se siguió el mismo procedimiento y los mismos materiales citados en el punto 2.2.3.5 para cada pila de compost.

#### 2.2.5.5 *Aireación*

- Materiales

- o Pala

- Procedimiento

Se volteó las pilas todos los días durante los primeros 5 días desde el sexto día se volteó cada cuatro días.

#### 2.2.6 *Caracterización final*

##### 2.2.6.1 *Muestreo de pila de compost*

- Materiales

- o Fundas ZIPLOC
- o Espátula

- Procedimiento

Para la caracterización inicial se tomó 1 Kg de muestra de la parte media de la pila de compost a los 60 días de su construcción y se depositó en una funda ZIPLOC rotulada.

##### 2.2.6.2 *Análisis de pila de compost*

La muestra de pila de compost recolectada se trasladó al Departamento de Suelos de la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se mantuvo la cadena de custodia adecuada. Los parámetros que se analizó fueron %M.O, %N, %P,%K y Relación C:N.

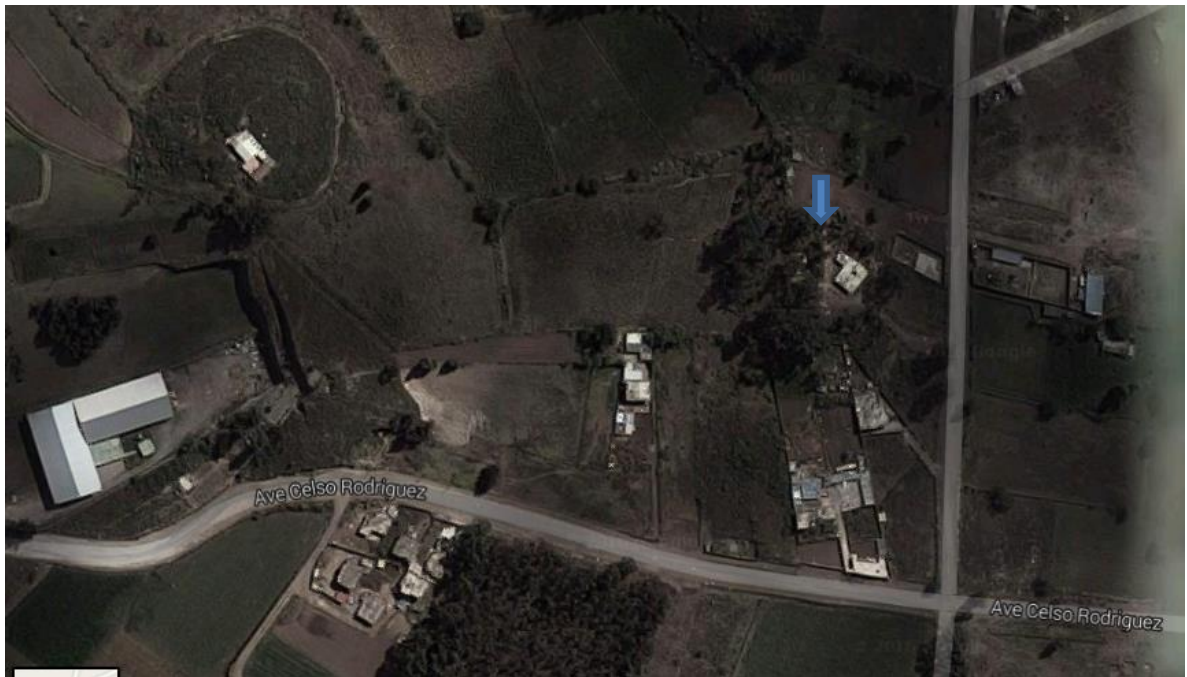
## CAPÍTULO III

### 3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1 Análisis y discusión de resultados

##### 3.1.1 Localización de la experimentación

Se realizó 12 pilas de compost con sedimentos de vino de mora obtenido de la empresa Alma Natura, ellas se ubicaron en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba en las coordenadas - 1.680686, -78.620972 (WGS84 UTM 17S).



**Ilustración 1-1.** Ubicación del sitio de experimentación.

Fuente: Google Earth, 2016.

### 3.1.2 Caracterización de sedimento

#### 3.1.2.1 Caracterización microbiológica

- Determinación de carga microbiana

**Tabla 1-3.** Resultado de caracterización de sedimento en placas petrifilm™ en el sedimento de vino de mora de la empresa Alma Natura.

MUESTRA	PLACAS PETRIFILM™	REPETICIONES	PRESENCIA/AUSENCIA
Sedimento	Recuento de aerobios	3	Presencia
	Recuento de mohos y levaduras	3	Presencia
	Recuento de Coliformes	3	Ausencia

Fuente: Realizado por: Amaguayo Mishel, 2016.

La Tabla 1-3. muestra que el sedimento de la empresa Alma Natura presenta carga microbiana de aerobios, mohos y levaduras; éstos serán los responsables de transformar compuestos complejos en compuestos simples y fácilmente asimilables por las bacterias, y así obtener una degradación de la materia orgánica. Además, el sedimento no presenta coliformes, los cuales son microorganismos patógenos que podrían contaminar el compost. (Campos Gómez, 2003, pág. 135)

Con las características obtenidas del sedimento se asume que es posible usarlo como inóculo para el compost.

- Determinación de bacterias ácido lácticas

El agar MRS se utilizó para verificar la presencia de bacterias ácido lácticas, debido a su capacidad de controlar el crecimiento de patógenos que podrían debilitar y dañar a cualquier tipo de cultivo en el cual se vaya a utilizar el compost. (Campos Gómez, 2003, pág. 88)

Se presentaron crecimiento en todas las cajas Petri con el agar mencionado, los cuales se sometieron a tinción gram para analizarlos.

- Determinación de Salmonella

**Tabla 2-3.** Resultado de caracterización de sedimento en agar Salmonella-Shiguella en el sedimento de vino de mora de la empresa Alma Natura.

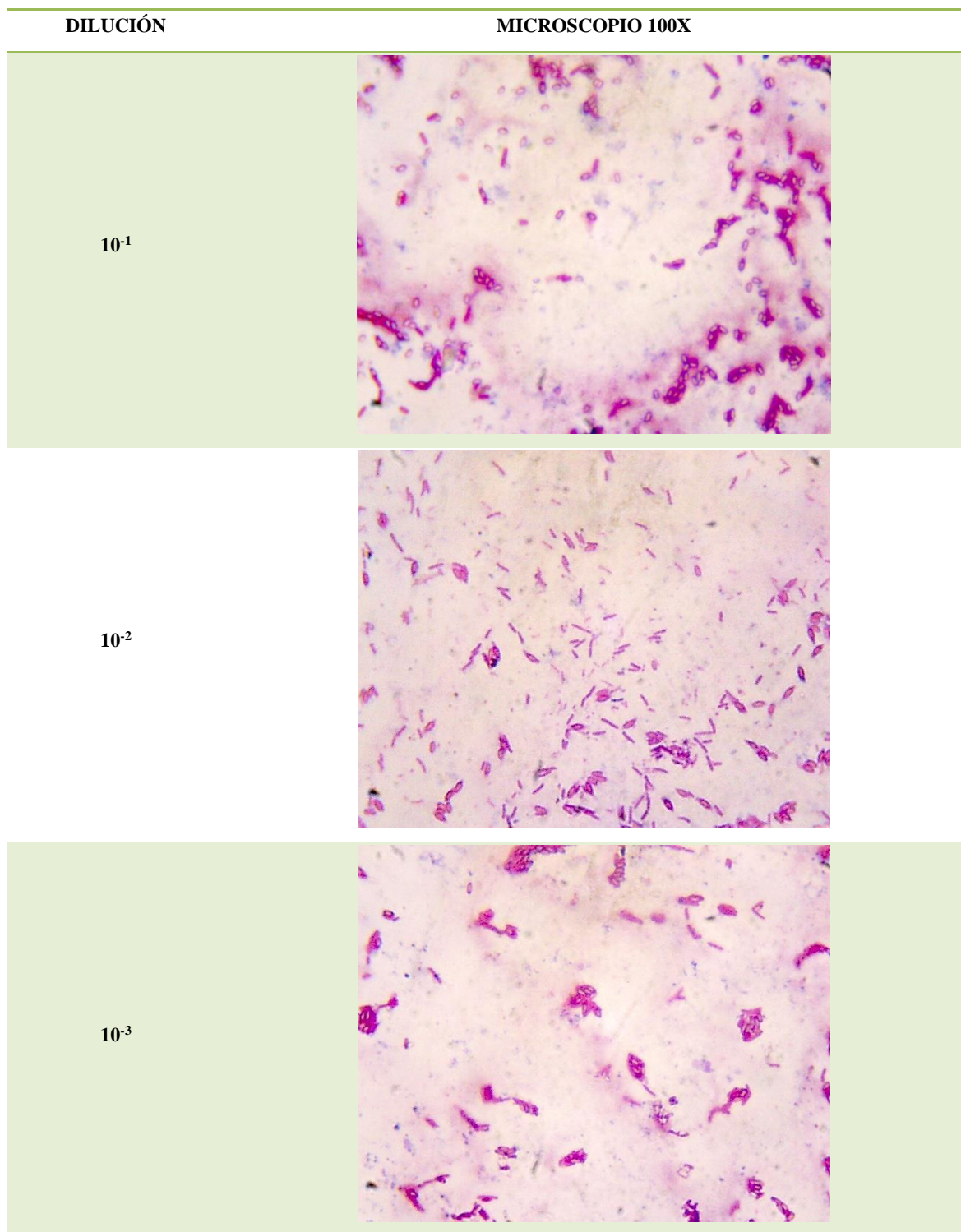
MUESTRA	AGAR SALMONELLA- SHIGELLA	REPETICIONES	PRESENCIA/AUSENCIA
Sedimento	<i>Salmonella</i>	3	Ausencia

Fuente: Realizado por: Amaguayo Mishel, 2016.

La Tabla 2-3. muestra que el sedimento de la empresa Alma Natura no presenta crecimiento de *Salmonella* que son microorganismos patógenos que podrían contaminar el compost. (Campos Gómez, 2003, pág. 135)

Con las características obtenidas del sedimento se asume que es seguro usar como inóculo para el compost.

- Determinación de morfología



**Figura 1-3.** Identificación de microorganismos por tinción gram en el sedimento de vino de mora de la empresa Alma Natura.

Fuente: Realizado por: Amaguayo Mishel, 2016.

En la Figura 1-3 se observa la coloración de la envoltura de la estructura celular y su forma; todos fueron observados en un microscopio de 100 X con aceite de inmersión. Evidenciando

que a la dilución  $10^{-1}$  los microorganismos son de tipo GRAM - en su mayoría cocobacilos; a la dilución  $10^{-2}$  los microorganismos son de tipo GRAM - en su mayoría bacilos y cocobacilos; y finalmente a una dilución  $10^{-3}$  obteniendo de igual forma microorganismos GRAM – en su mayoría cocobacilos.

El sedimento de vino de mora de la empresa Alma Natura contiene microorganismos de tipo GRAM – presentando una tinción rosa; en su mayoría cocobacilos.

### 3.1.2.2 Humedad

**Tabla 3-3.** Humedad en el sedimento de vino de mora de la empresa Alma Natura.

MUESTRA	HUMEDAD (%)
Sedimento	90.44

Fuente: Realizado por: Amaguayo Mishel, 2016.

Según la Tabla 3-3. el sedimento de vino de mora de la empresa Alma Natura presentó una humedad del 90.44% debido a que la muestra aún presentaba una fracción líquida de vino.

Éste alto porcentaje de humedad será de utilidad, ya que genera una condición favorable para la actividad microbiana acelerando el proceso de descomposición de la materia orgánica.

### 3.1.2.3 pH

**Tabla 4-3.** pH en el sedimento de vino de mora de la empresa Alma Natura.

MUESTRA	pH
Sedimento	3

Fuente: Realizado por: Amaguayo Mishel, 2016.

Según la Tabla 4-3. el sedimento de vino de mora de la empresa Alma Natura presentó un pH de 3 debido a la acidez propia del vino.

La acidez del sedimento favorece la presencia de levaduras fermentadoras de vino es decir una actividad microbiana, confirmada en los análisis anteriormente mencionados.

### **3.1.3 *Elaboración de pilas de compost***

#### **3.1.3.1 *Formulación de pilas de compost***

La porción de materia orgánica fue dividida en estiércol semiseco, residuos vegetales, carbón vegetal molido, melaza y cal viva; sus porcentajes se establecieron según bibliografía e investigaciones realizadas.

Se obtuvo un total de 4 concentraciones al 5%, 10%, 15% y 0% de sedimento de vino de mora.

### 3.1.3.2 Construcción de pilas de compost

**Tabla 5-3.** Cantidad en peso de materia prima para la construcción de pila de compost.

PILA	Sedimento		Estiércol semiseco				Residuos vegetales						Carbón vegetal molido		Melaza		Cal viva	
			Estiércol Bovino semiseca		Estiércol de cuy		Col		Lechuga		Nabo							
%	Kg	Kg total	Kg	Kg total	Kg	Kg total	Kg	Kg Total	Kg	Kg Total	Kg	Kg Total	Kg	Kg total	Kg	Kg total	Kg	Kg total
<b>5</b>	1.5	4.5	6.39	19.17	6.39	19.17	3.9	11.7	3.9	11.7	3.9	11.7	1.14	3.42	0.285	0.855	2.565	7.695
<b>10</b>	3	9	6.015	18.045	6.015	18.045	3.7	11.1	3.7	11.1	3.7	11.1	1.14	3.42	0.285	0.855	2.565	7.695
<b>15</b>	4.5	13.5	5.64	16.92	5.64	16.92	3.4	10.2	3.4	10.2	3.4	10.2	1.14	3.42	0.285	0.855	2.565	7.695
<b>0</b>	9	27	6.8	20.4	6.8	20.4	4.1	12.3	4.1	12.3	4.1	12.3	1.2	3.6	0.3	0.9	2.7	8.1

Fuente: Realizado por: Amaguayo Mishel, 2016.

La Tabla 5-3. muestra la cantidad en Kg para cada pila de cada componente para la construcción de las pilas de compost; se obtuvo en total 12 pilas de compost, cada concentración con 3 repeticiones, dando como resultado las pilas P0-1, P0-2,P0-3,P5-1, P5-2,P5-3, P10-1, P10-2,P10-3, P15-1, P15-2 y P15-3.

Se formuló en base a 30Kg por pila de compost.



### 3.1.4 Caracterización inicial

**Tabla 6-3.** Resultados de la caracterización inicial de pilas de compost.

IDENT.	% M.O	%			RELACIÓN C:N
		N	P	K	
P5-1	1.6 B	0.23	1.7	0.29	3.9 B
P5-2	1.1 B	0.2	1.8	0.3	3.0 B
P5-3	1.3 B	0.13	1.9	0.26	6.1 B
P10-1	1.3 B	0.15	2.1	0.32	5.3 B
P10-2	1.2 B	0.14	1.1	0.23	5.0 B
P10-3	1.3 B	0.3	0.9	0.08	2.3 B
P15-1	0.8 B	0.13	1.5	0.33	3.0 B
P15-2	1.3 B	0.12	1.3	0.29	5.8 B
P15-3	1.0 B	0.09	1.4	0.25	6.7 B
P0-1	1.2 B	0.04	1.4	0.25	17.5 A
P0-2	1.0 B	0.05	1.1	0.21	12.0 A
P0-3	0.8 B	0.31	1.3	0.27	1.6 B

Fuente: Departamento de Suelos-Facultad de Recursos Naturales-Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2016.

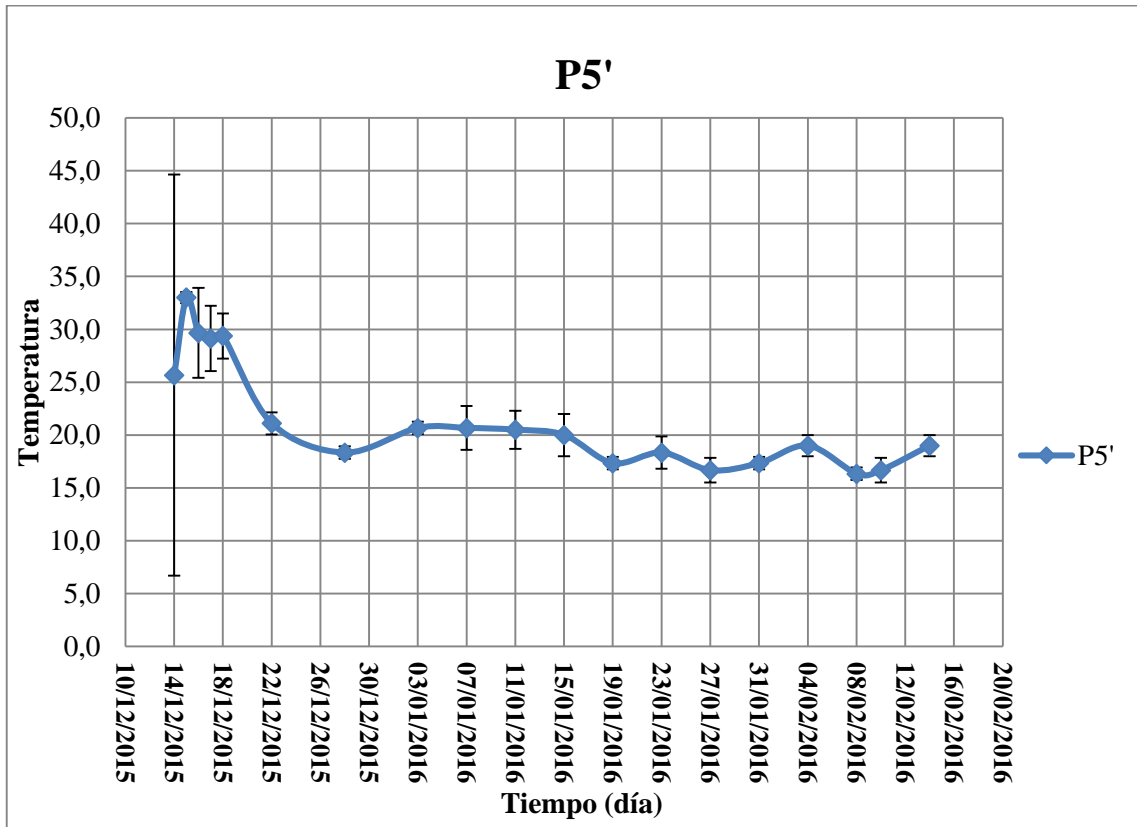
La Tabla 6-3. presenta los parámetros analizados para evaluar la calidad de compost; según el Manual de Compostaje del Agricultor realizado por la FAO se establece el rango óptimo de comienzo del compostaje a los 2 días de la construcción de las pilas.

Estos resultados nos indican que en %M.O y Relación C:N no se encuentra dentro del rango recomendado; en %N están dentro del rango las pilas P0-3 y P10-3, en %P está dentro del rango la pila P10-3, en %K están dentro del rango las pilas P5-2, P10-1, P15-1.

Sin embargo en el Departamento de Suelos de la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se establece un código, identificando si el producto es B: Bajo, M: Medio, A:Alto para % M.O y Relación C:N; los cuales reiteran que no se cumple con los criterios establecidos.

### 3.1.5 Parámetros de control

#### 3.1.5.1 Temperatura

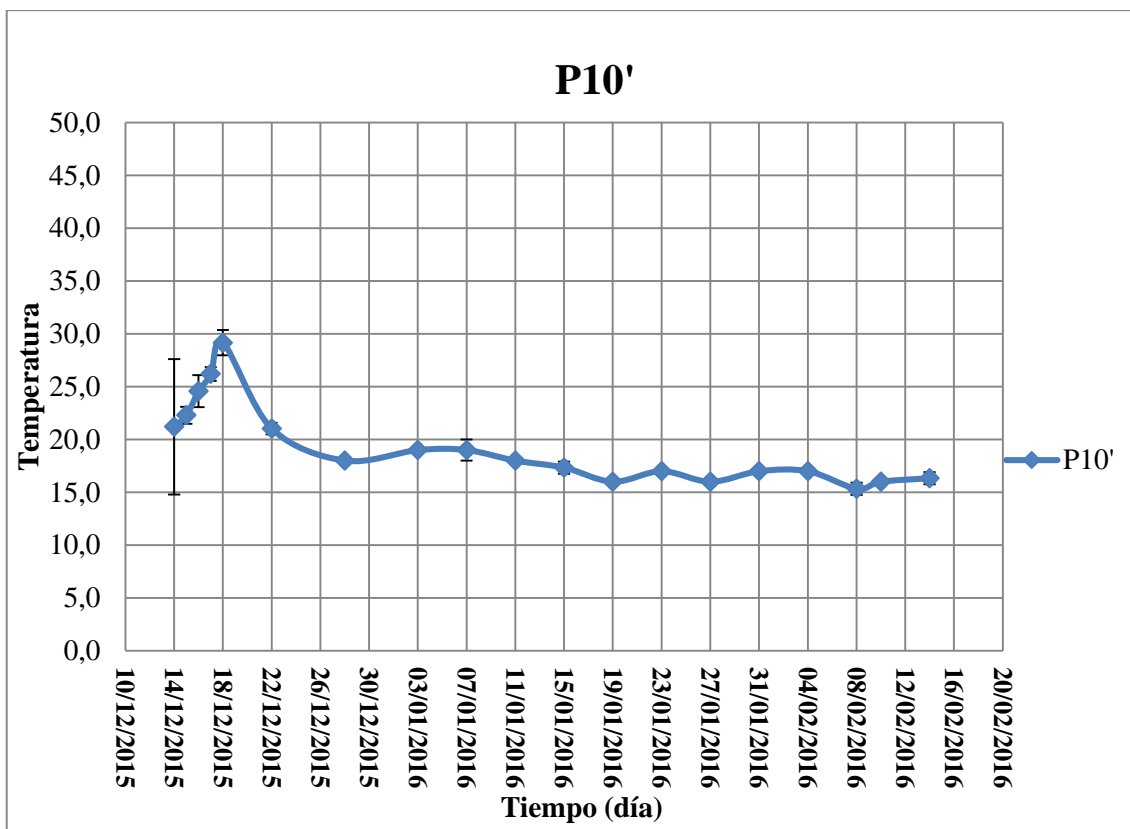


**Gráfico 1-3.** Monitoreo de la temperatura durante el proceso de compostaje al 5%.

Realizado por: Amaguayo Mishel, 2016.

El Gráfico 1-3. muestra la tendencia de temperatura promedio de las pilas de compost al 5% de sedimento a lo largo del proceso de compostaje, en la cual se observa un aumento de temperatura en los primeros días, alcanzando el pico más alto de 33°C aproximadamente, el cual se debe a la actividad microbiana; posteriormente desciende considerablemente en los siguientes días y así se mantiene en un aumento y disminución de temperatura relativamente constante hasta llegar a estabilizarse, su valor mínimo fue de 16°C.

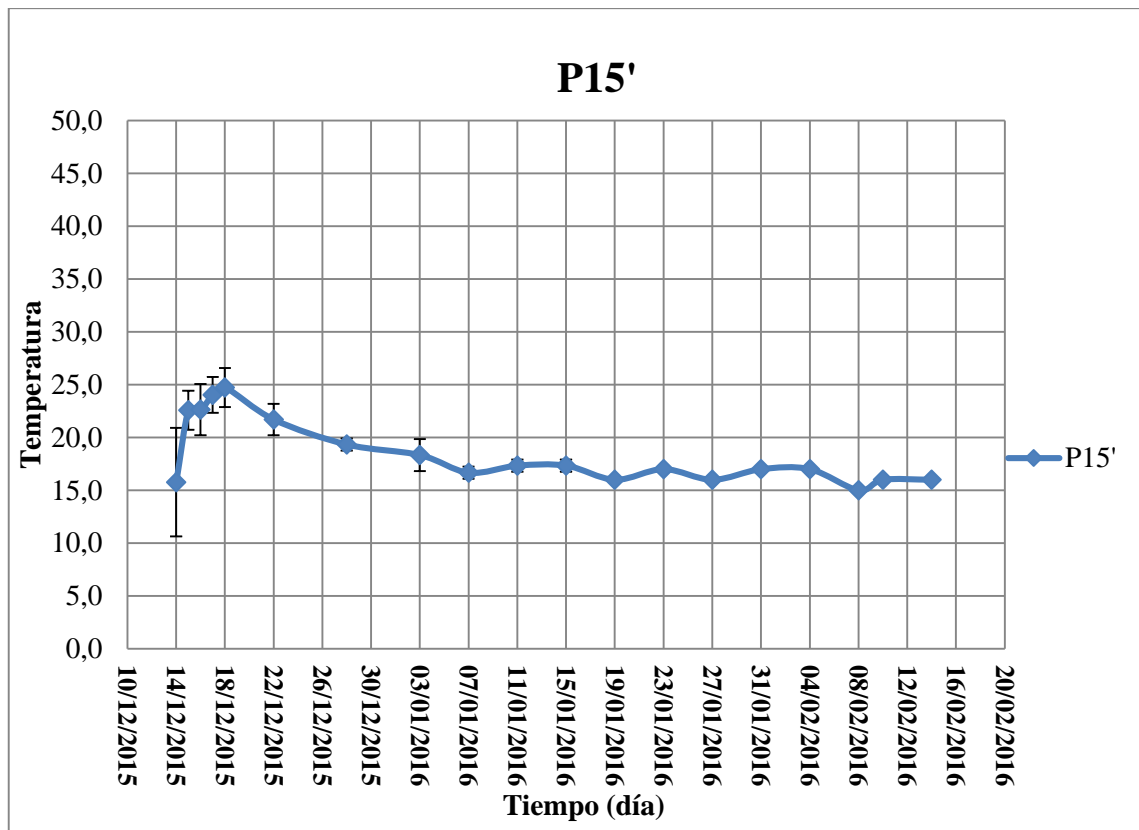
La estabilidad de la temperatura se presume a una reducción de actividad microbiana debido a la disminución de nutrientes y a la zona donde se construyó las pilas de compost.



**Gráfico 2-3.** Monitoreo de la temperatura durante el proceso de compostaje al 10% de sedimento.

Realizado por: Amaguayo Mishel, 2016.

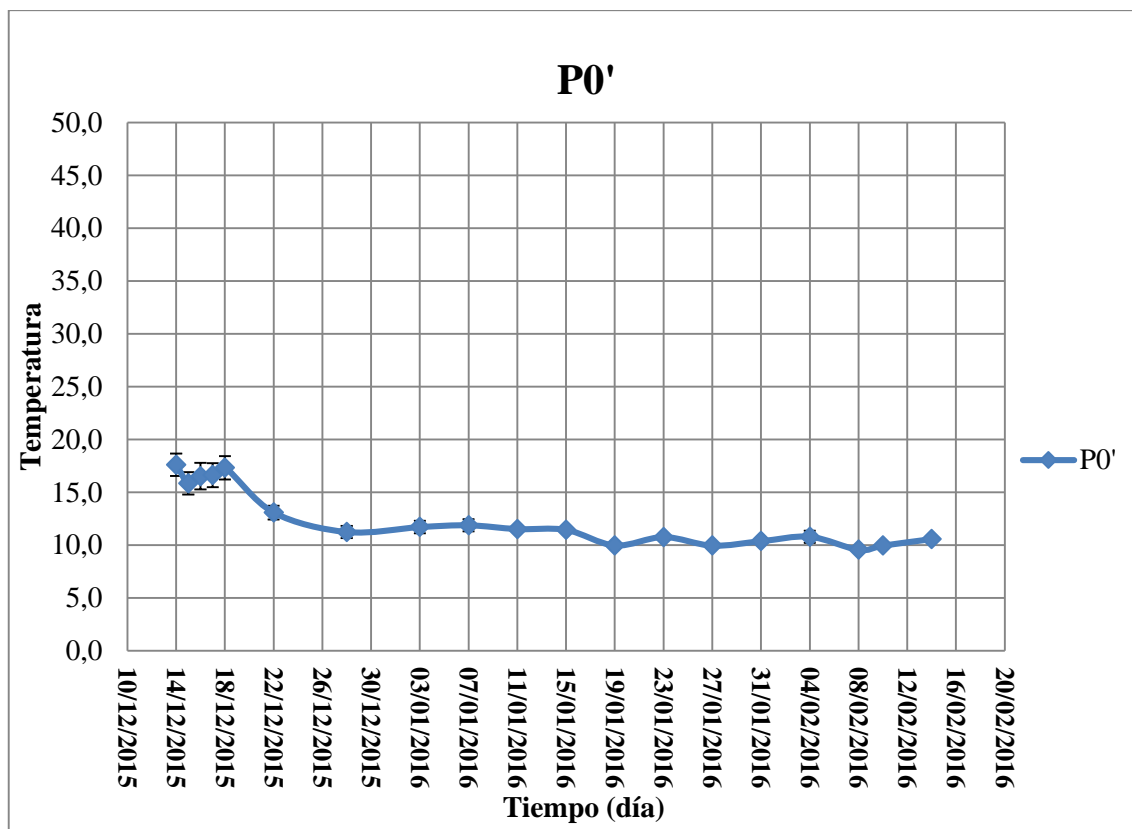
El Gráfico 2-3. muestra la tendencia de temperatura promedio de las pilas de compost al 10% de sedimento a lo largo del proceso de compostaje en el cual se evidencia una tendencia similar a las del 5% de sedimento, sin embargo en ésta el pico más alto llega a 29.2°C y el más bajo a 16°C .



**Gráfico 3-3.** Monitoreo de la temperatura durante el proceso de compostaje al 15% de sedimento.

Realizado por: Amaguayo Mishel, 2016.

El Gráfico 3-3. muestra la tendencia de temperatura promedio de las pilas de compost al 15% de sedimento a lo largo del proceso de compostaje, su pico más alto llega después de varios días en comparación con los anteriores; su valor máximo es de 24.7°C evidenciando que la actividad microbiana tardó mayor tiempo en actuar en la pila; luego desciende y se mantiene relativamente estable, hasta alcanzar una temperatura de 15°C.

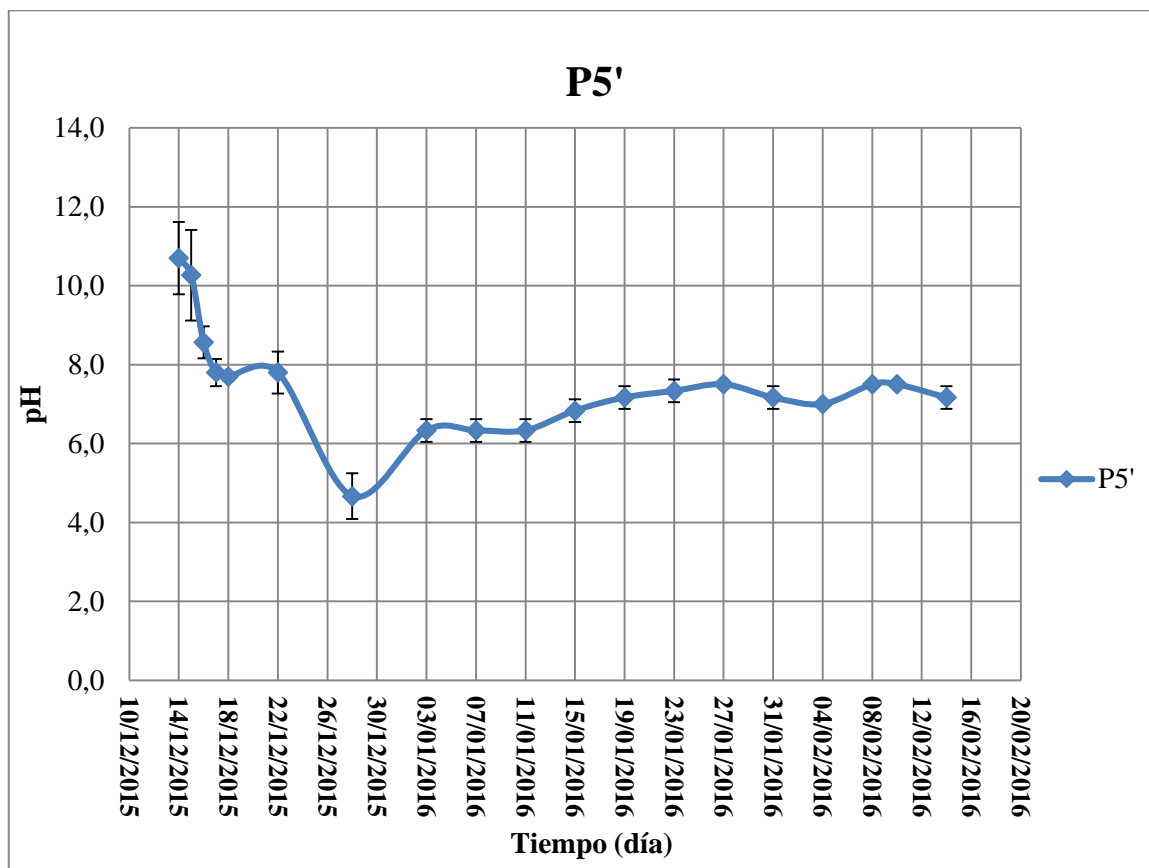


**Gráfico 4-3.** Monitoreo de la temperatura durante el proceso de compostaje al 0%.

Realizado por: Amaguayo Mishel, 2016.

El Gráfico 4-3. muestra la tendencia de temperatura promedio de las pilas de compost al 0% de sedimento a lo largo del proceso de compostaje; se puede evidenciar que la temperatura más alta es de 24°C al iniciar el proceso por lo cual no se asegura que sea por la actividad microbiana, sino por condiciones ambientales del lugar ya que los siguientes días disminuye y se mantiene una temperatura constante sin variaciones considerables; el valor más bajo de temperatura alcanzado fue de 16°C.

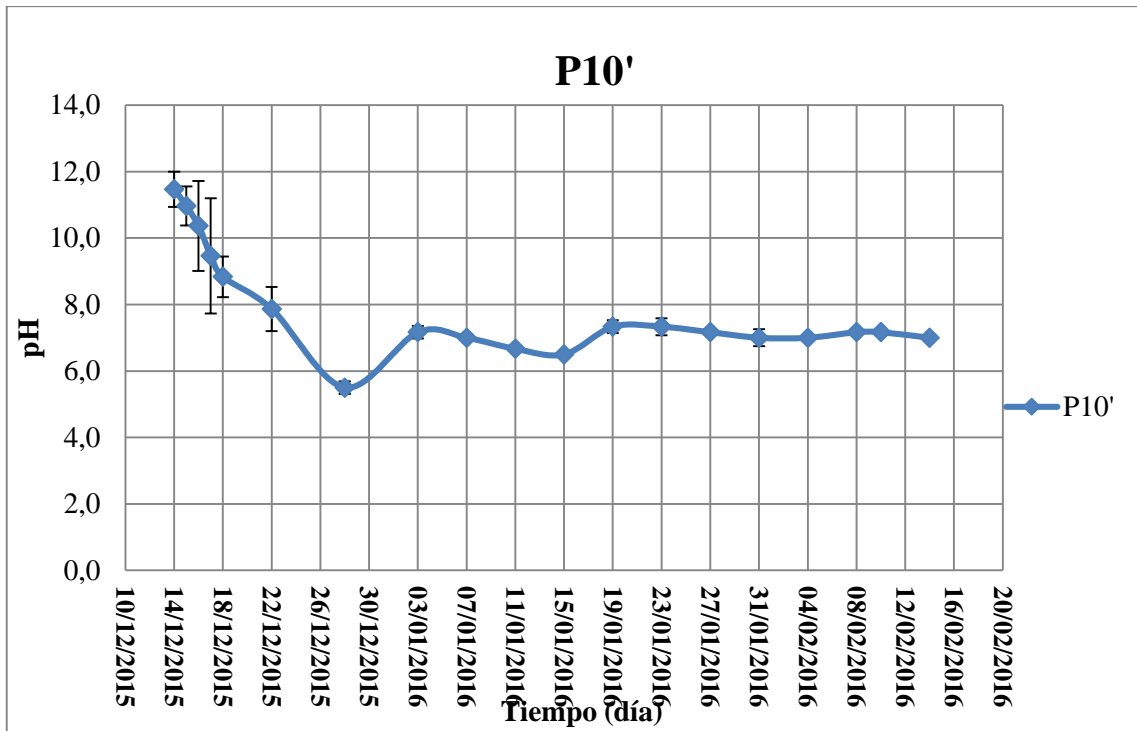
### 3.1.5.2 pH



**Gráfico 5-3.** Monitoreo del pH durante el proceso de compostaje al 5%.

Realizado por: Amaguayo Mishel, 2016.

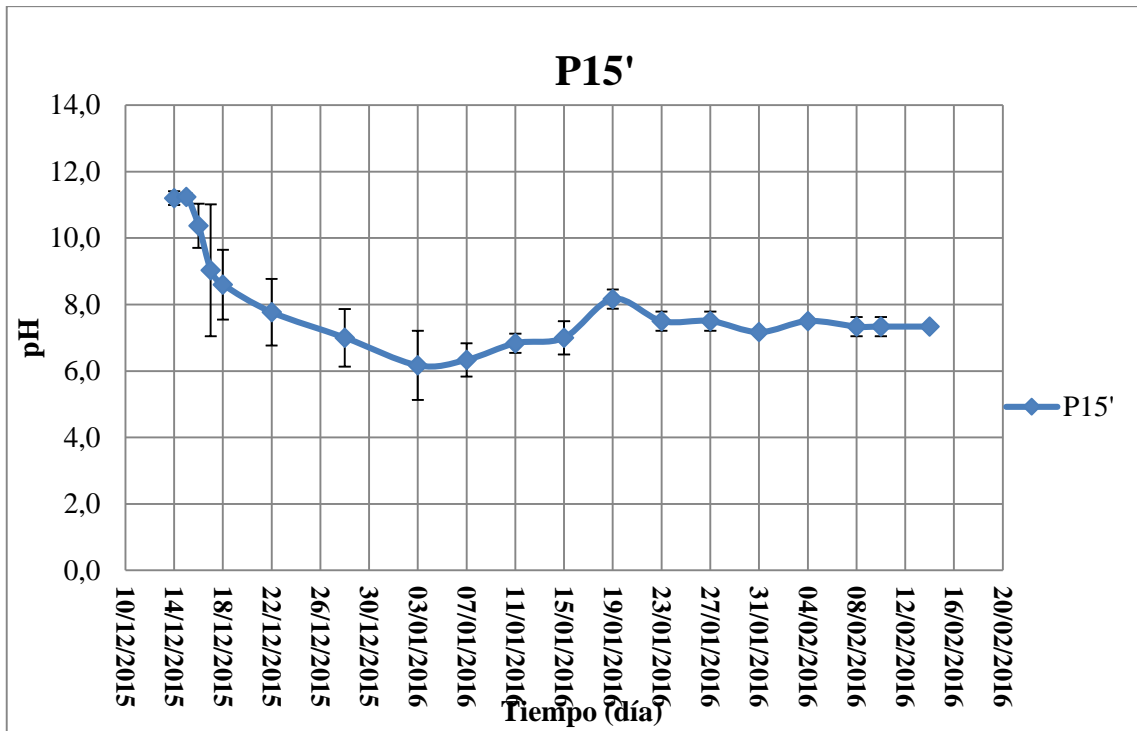
El Gráfico 5-3. muestra la tendencia de pH promedio de las pilas de compost al 5% de sedimento a lo largo del proceso de compostaje; se observa un pH alcalino en su fase inicial con su pico más alto de 10,7 debido al uso de cal viva como materia prima; posteriormente desciende de manera gradual hasta tener un valor mínimo de 4,7; el cambio del pH se debe a la generación de compuestos orgánicos como consecuencia de la actividad microbiana produciendo un descenso, luego se obtiene un alza de pH debido a la mineralización de los compuestos para posteriormente estabilizarse en un valor neutro.



**Gráfico 6-3.** Monitoreo del pH durante el proceso de compostaje al 10%.

Realizado por: Amaguayo Mishel, 2016.

El Gráfico 6-3. muestra la tendencia de pH promedio de las pilas de compost al 10% de sedimento a lo largo del proceso de compostaje; la cual es una tendencia similar a la del 5% de sedimento; sin embargo su valor más alto es de 11.5 y su valor más bajo es de 5.5. Luego presenta un alza en su pH y posteriormente se estabiliza llegando a un valor neutro.

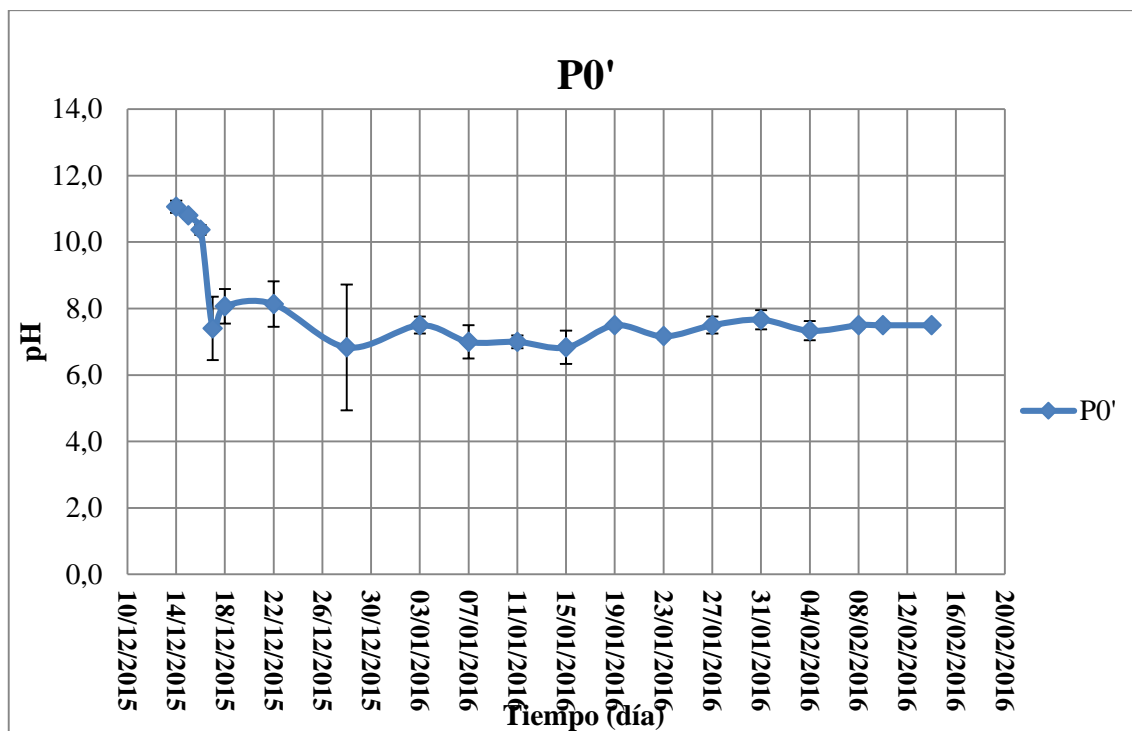


**Gráfico 7-3.** Monitoreo del pH durante el proceso de compostaje al 15%.

Realizado por: Amaguayo Mishel, 2016.

El Gráfico 7-3. muestra la tendencia de pH promedio de las pilas de compost al 15% de sedimento a lo largo del proceso de compostaje; su valor inicial es el más alto de 11.2, luego desciende de manera gradual, no se evidencia cambios bruscos de pH, su valor mínimo es de 7 estableciéndose en un pH neutro.





**Gráfico 8-3.** Monitoreo del pH en las pilas al 0% de sedimento durante el proceso de compostaje.

Realizado por: Amaguayo Mishel, 2016.

El Gráfico 8-3. muestra la tendencia de pH promedio de las pilas de compost al 0% de sedimento a lo largo del proceso de compostaje; se puede evidenciar que el pH más alto es de 11.1 al inicio del proceso, los siguientes días disminuye y mantiene un pH constante sin variaciones considerables; el valor más bajo de pH alcanzado fue de 6.8 en menor tiempo a comparación de las pilas anteriores, para luego estabilizarse en un valor neutro.

### 3.1.5.3 Carga microbiana

**Tabla 7-3.** Monitoreo de la carga microbiana durante el proceso de compostaje.

PILA	2 DÍAS		30 DÍAS		60 DÍAS	
	Aerobios Totales (UFC/mL)	Levaduras (UPC/mL)	Aerobios Totales (UFC/mL)	Levaduras (UPC/mL)	Aerobios Totales (UFC/mL)	Levaduras (UPC/mL)
P5-1	11200000	100000	20660000	200000	16000000	500000
P5-2	52600000	0	18000000	800000	19000000	1000000
P5-3	MNPC	500000	26000000	2300000	10100000	800000
P10-1	14600000	0	2700000	600000	7800000	1700000
P10-2	47200000	0	4000000	600000	7700000	3600000
P10-3	36000000	0	4200000	2100000	9100000	2900000
P15-1	66000000	0	5400000	1300000	10000000	2800000
P15-2	31200000	0	MNPC	900000	9200000	2600000
P15-3	23200000	0	9600000	2200000	7900000	700000
P0-1	27200000	0	3600000	800000	1700000	100000
P0-2	25200000	0	6500000	1200000	1500000	300000
P0-3	87200000	0	4800000	2300000	5400000	200000

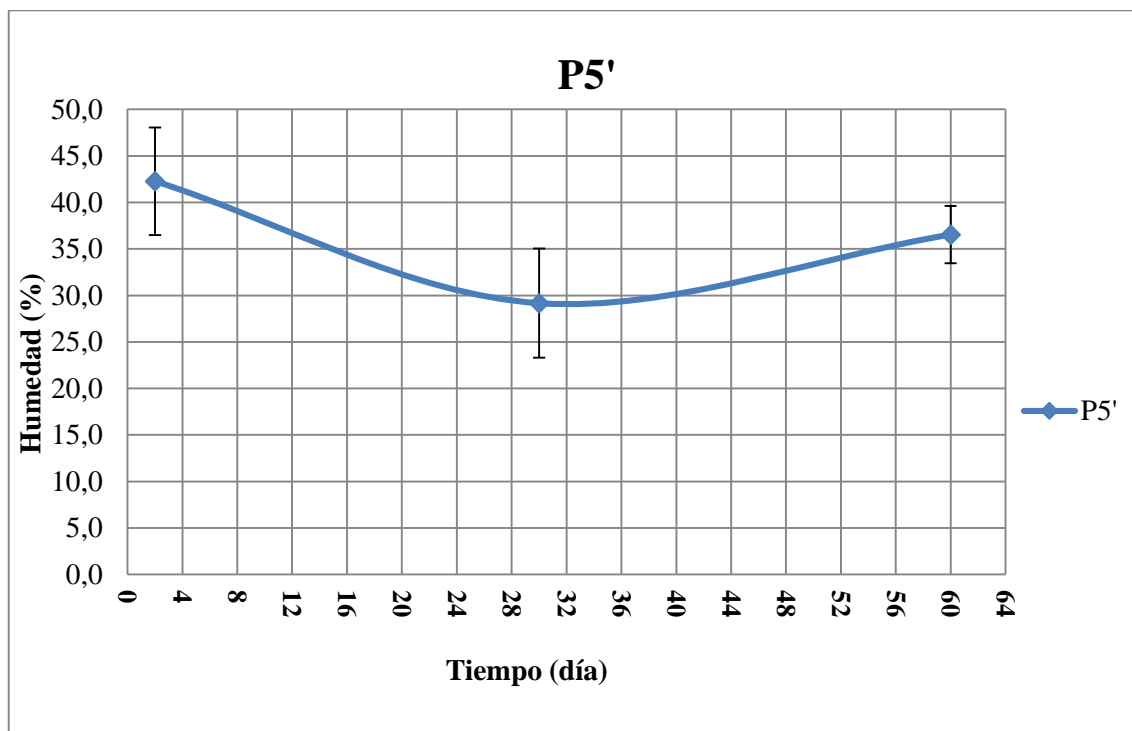
Fuente: Realizado por: Amaguayo Mishel, 2016.

La Tabla 7-3. representa el crecimiento microbiano a lo largo del proceso de compostaje. Los aerobios totales a los 2 días presentaron mayores cantidades en las pilas de compost con concentración del 5% de sedimento, en comparación a las concentraciones del 10%, 15% y 0% de sedimento; a los 30 días descendió su número por las condiciones del medio a excepción de la pila P15-2 que tuvo un aumento por posible resistencia de microorganismos y finalmente a los 60 días se observa un mínimo descenso en la población debido a la ausencia de nutrientes disponibles.

Sin embargo las levaduras a los 2 días del proceso de compostaje su presencia es casi nula a excepción de las pilas P5-1 y P5-3, a los 30 días se evidenció un aumento en la población por su posible adaptación al medio, disponibilidad de nutrientes y condiciones favorables (pH, temperatura y humedad); a los 60 días el conteo presentó variaciones mínimas de aumento y descenso en la población.

Las variaciones en el crecimiento de los microorganismos mencionados se debe a las características específicas que cada uno necesita para sobrevivir en condiciones de pH, temperatura, humedad y oxígeno propias de cada uno.

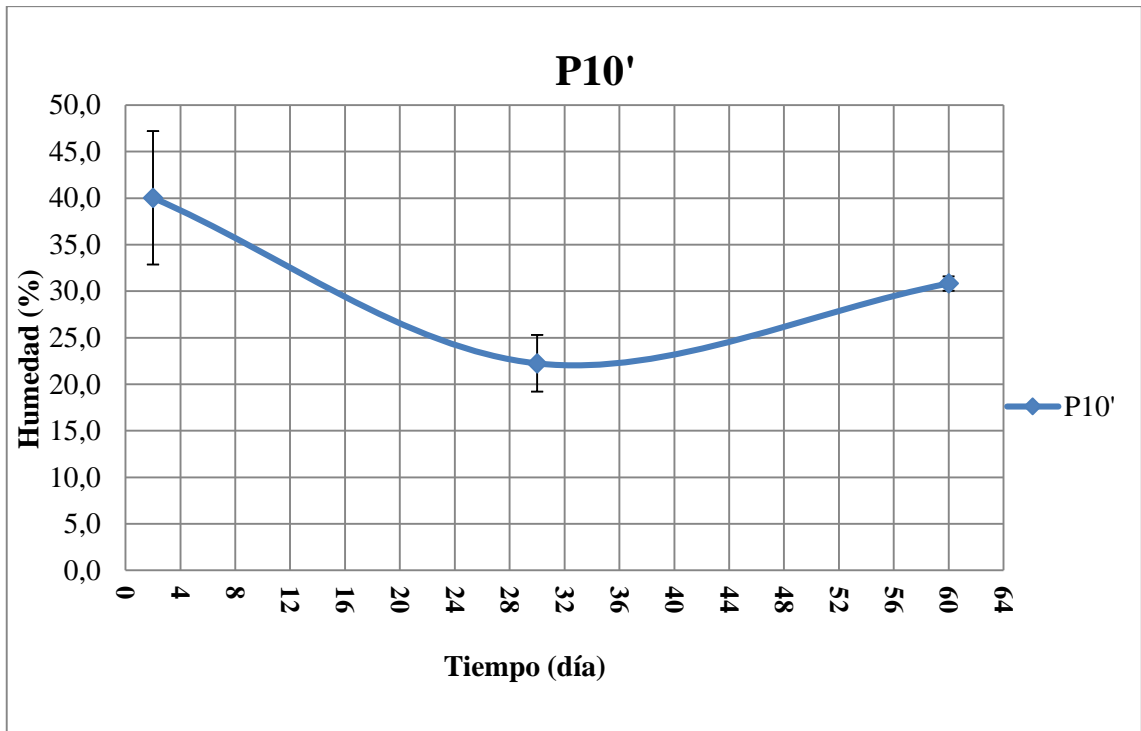
### 3.1.5.4 Humedad



**Gráfico 9-3.** Monitoreo de la humedad en las pilas de compost al 5% de sedimento durante el proceso de compostaje.

Realizado por: Amaguayo Mishel, 2016.

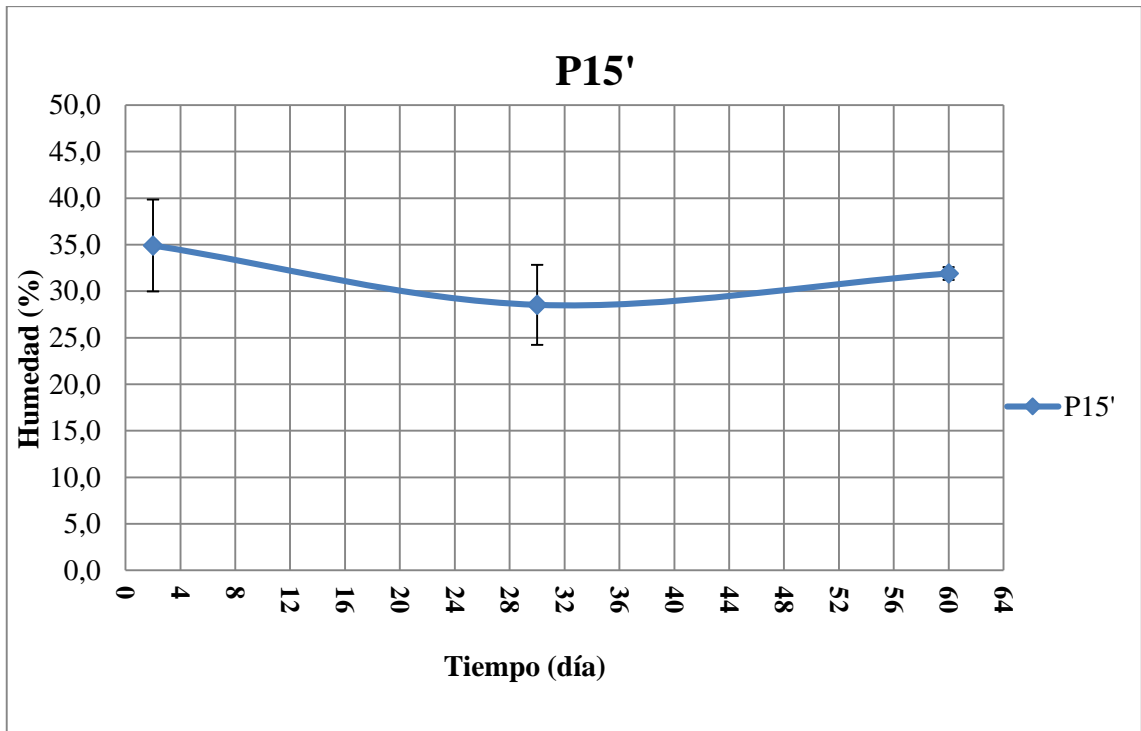
El Gráfico 9-3. muestra la tendencia de humedad promedio de las pilas de compost con el 5% de sedimento a lo largo del proceso del compostaje, se observa una humedad del 42.3% a los 2 días que es ideal para iniciar el proceso de degradación de materia orgánica, luego a los 30 días se reduce a 29.2% y finalmente sube hasta obtener una humedad de 36.5% a los 60 días debido a que se agregó agua para generar la condición ideal y así continuar con el proceso de degradación.



**Gráfico 10-3.** Monitoreo de la humedad en las pilas de compost al 10% de sedimento durante el proceso de compostaje.

Realizado por: Amaguayo Mishel, 2016.

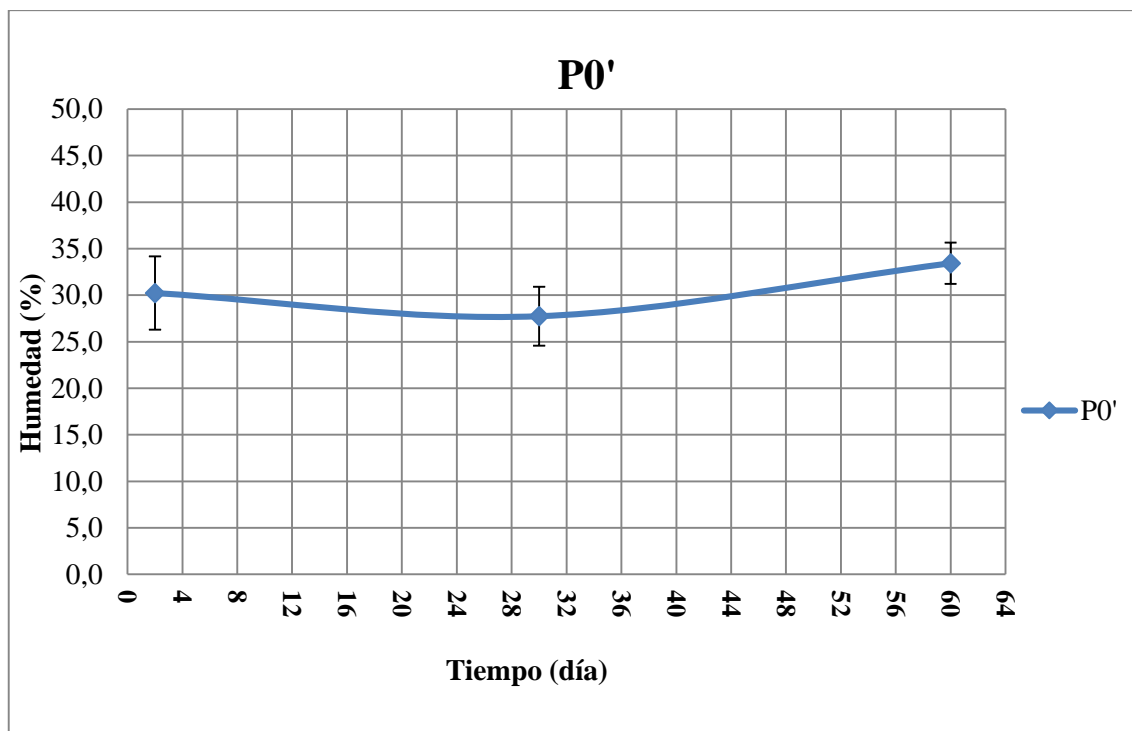
El Gráfico 10-3. muestra la tendencia de humedad promedio de las pilas de compost con el 10% de sedimento a lo largo del proceso del compostaje, en el cual se observa una tendencia similar a la del 5% de sedimento; sin embargo en éste el porcentaje de humedad inicia en 40%, luego decrece a 22.2% a los 30 días, y finalmente con adición de agua llega a obtener 30.8% a los 60 días.



**Gráfico 11-3.** Monitoreo de la humedad en las pilas de compost al 15% de sedimento durante el proceso de compostaje.

Realizado por: Amaguayo Mishel, 2016.

El Gráfico 11-3. muestra la tendencia de humedad promedio de las pilas de compost al 15% de sedimento a lo largo del proceso del compostaje; en el cual se observa una tendencia similar a la del 5% y 10% de sedimento pero con un valor menor al iniciar el proceso correspondiente a 34.9%, a los 30 días disminuye a 28.5% que fue el valor más bajo de humedad, se le adicionó agua, se obtuvo un valor de 31.9% a los 60 días, para así acelerar el proceso de degradación.



**Gráfico 12-3.** Monitoreo de la humedad en las pilas al 0% de sedimento durante el proceso de compostaje.

Realizado por: Amaguayo Mishel, 2016.

El Gráfico 12-3. muestra la tendencia de humedad promedio de las pilas de compost al 0% de sedimento a lo largo del proceso del compostaje; en el cual se evidencia el porcentaje más bajo obtenido a los 2 días que fue de 30.2%, a los 30 días disminuyó hasta 27.7%, se le adicionó agua con el objetivo de acelerar la degradación, finalmente a los 60 días se obtuvo una humedad de 33.4% que fue el valor más alto alcanzado.

### 3.1.5.5 Aireación

La aireación se efectuó mediante un volteo completo de todas las pilas de compost, con el objetivo de que el calor no se concentre en un solo punto; y, además evitar que el proceso se vuelva anaerobio, los primeros 5 días se realizó un volteo diario, a partir del día 6 se lo realizó cada 4 días.

### 3.1.6 Caracterización final

#### 3.1.6.1 Análisis de laboratorio

**Tabla 8-3.** Resultados de la caracterización final de pilas de compost.

IDENT.	% M.O	%			RELACIÓN C:N
		N	P	K	
P5-1	2.5	0.69	1.8	0.95	6.24
P5-2	1.9	0.16	1.5	1.1	6.88
P5-3	2.3	0.11	1.5	0.87	12.1
P10-1	2.1	0.16	1.6	1.5	7:6
P10-2	2.3	0.11	1.4	1.3	12.1
P10-3	1.9	0.13	1.3	1.2	8.4
P15-1	1.9	0.56	1.6	0.96	2.0
P15-2	2.1	0.47	1.6	0.87	2.3
P15-3	1.9	0.43	1.4	1.01	2.6
P0-1	2.1	1.21	1.1	1.2	1
P0-2	1.9	1.52	0.9	1.0	0.72
P0-3	1.9	1.99	1.3	1.3	0.55

Fuente: Departamento de Suelos-Facultad de Recursos Naturales-Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2016.

La Tabla 8-3. presenta los parámetros que se toma como referencia para evaluar la calidad de compost; según el Manual de Compostaje del Agricultor realizado por la FAO se establece como referencia el rango ideal de compost maduro para determinar la calidad de compostaje de los parámetros de materia orgánica, % nitrógeno, % fósforo, % potasio, relación C:N. Se toma este rango debido a que las condiciones de pH y temperatura de las pilas de compost llegaron a estabilizarse a los 60 días.

Estos resultados nos indican que en %M.O se encuentra dentro del rango ideal de compost maduro según la FAO, con una variación mínima entre pila de compost; la relación C:N se encuentra dentro del rango recomendado las pilas P5-3, P10-2; en %N están fuera del rango las pilas P5-2, P5-3, P10-1, P10-2, P10-3, P0-3; en %P está dentro del rango la pila P0-2; en %K están fuera del rango las pilas P5-2, P10-1, P10-2, P10-3, P0-1, P0-3.

### 3.1.6.2 Análisis estadístico

Se realizó la prueba ANOVA con la finalidad de comparar las medias obtenidas en la caracterización final en comparación con las concentraciones de sedimento en las pilas de compost; obteniendo un valor de significancia menor al margen de error establecido de 0.05, presentándose en los parámetros de % nitrógeno, % fósforo, % potasio y relación C:N, lo que indica que son valores significativamente diferentes. El parámetro de materia orgánica no es significativamente diferente ya que supera el valor de significancia al margen de error.

Posteriormente se realiza el test Tukey-b para obtener la diferencia entre las medias de las concentraciones usadas en cada pila de compost.

**Tabla 9-3.** Test de Tuckey-b para las concentraciones de sedimento de vino de mora.

	Materia orgánica		% Nitrógeno		% Fósforo		% Potasio		Relación C:N	
<b>0</b>	1.9667	a	1.5733	b	1.1000	a	1.1667	a, b	0.7567	a
<b>5</b>	2.2333	a	0.3200	a	1.6000	b	0.9733	a	8.4067	b
<b>10</b>	2.1000	a	0.1333	a	1.4333	a, b	1.333	b	9.1867	b
<b>15</b>	1.9667	a	0.4867	a	1.5333	b	0.9467	a	2.3000	a
	NS		**		*		*		**	

Fuente: Realizado por: Amaguayo Mishel, 2016.

En la Tabla 9-3. muestra el test de Tukey-b, el cual determinó los grupos significativamente diferentes; para el parámetro de materia orgánica solo presenta un grupo debido a q no presentó valores significativamente diferentes; es decir, que el inóculo no afecta la cantidad de materia orgánica presente en las pilas de compost; en el % nitrógeno se presentaron dos grupos diferentes con un valor de significación menor a 0.01; el % fósforo presenta dos grupos diferentes y un valor que pertenece a ambos con un valor de significancia menor a 0.05; el % potasio presenta dos grupos diferentes y un valor que pertenece a ambos, con un valor de significancia menor a 0.05; y la relación C:N presenta dos grupos con un valor de significancia menor a 0.01.

El sedimento de vino de mora a las concentraciones de 5% y 10% en función del parámetro relación C:N acelera la velocidad de degradación; sin embargo no generan un compost de calidad en función del parámetro relación C:N según el Manual de Compostaje del Agricultor realizado por la FAO en el rango ideal de compost maduro.



## CONCLUSIONES

- Se caracterizó física, química y microbiológicamente el sedimento generado en la producción de vino de mora de la empresa Alma Natura obteniendo porcentaje de humedad de 90.44%, un pH de 3 y la presencia de microorganismos Aerobios Totales y levaduras; además, de la ausencia de Salmonella y Coliformes; todos estos parámetros permitieron validar el uso de sedimento como inóculo para el compost.
- En función de la cantidad de sedimento de vino de mora de la empresa Alma Natura generado en un lote, se obtuvo cuatro formulaciones, 5% de sedimento con 95% de materia orgánica, 10% de sedimento con 90% de materia orgánica, 15% de sedimento con 85% de materia orgánica y finalmente 0% de sedimento y 100% de materia orgánica.
- Se construyeron las pilas en función de cuatro concentraciones, cada una con tres repeticiones obteniendo un total de 12 pilas que fueron monitoreadas en función de parámetros de control determinados en base a bibliografía y en investigaciones anteriores.
- El sedimento utilizado con la formulación establecida no generan un compost de calidad en función del parámetro relación C:N según el Manual de Compostaje del Agricultor realizado por la FAO en el rango ideal de compost maduro; sin embargo, el sedimento con una concentración de 5% y 10% acelera la velocidad de degradación.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar el sedimento en un corto tiempo después de haber sido generado, con el objetivo de que su carga microbiana se mantenga latente.
- Se recomienda analizar el sedimento para verificar su composición sobre todo en microorganismos patógenos que podrían ser fuente de contaminación.
- Se recomienda construir las pilas de compost en un lugar en el que las condiciones ambientales sean favorables; es decir, que tenga acción del sol, que no esté a la intemperie, que se encuentre lejos de fuentes de agua y que no tenga contacto con una superficie de tierra.
- Se recomienda triturar la materia a compostar, ya que mientras el tamaño de la partícula sea menor los microorganismos tendrán mayor superficie de contacto y podrán degradarla más fácilmente y en menor tiempo.
- Se recomienda controlar temperatura, pH y humedad en las pilas de compost, ya que son los principales parámetros que afectan la actividad microbiana, y por ende a la velocidad de degradación.
- Se recomienda usar la concentración de sedimento de 5% o 10 %, usando diferentes formulaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **ALONSO PEÑA, José Ramón.** *Cómo hacer compost: Guía para amantes de la jardinería y el medio ambiente.* Madrid - España: Ediciones Mundi - Prensa, 2011, págs. 11 - 100. ISBN: 9788484764304.
2. **DOMINGUEZ VIVANCOS, Alonso.** *Guía práctica de la fertilización.* 7ma edición. Madrid – España: Ediciones Mundi - Prensa, 1986, págs. 125 - 172. ISBN: 8471140284.
3. **FUCHS, Liliana.** *La mora, pequeña joya silvestre.* [En línea]. Ciudad de México - México: 2012. [Consulta: 05 de diciembre de 2015]. Disponible en: <http://www.directoalpaladar.com/ingredientes-y-alimentos/la-mora-pequena-joya-silvestre>
4. **GARCÍA CURADO, Anselmo.** *Saber de vinos.* [En línea]. Barcelona - España: Amat, 2005. [Consulta: 05 de diciembre de 2015]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=uTSiMhN9NXcC&printsec=frontcover&dq=Saber+de+vinos&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjcyZ73xsrLAhXGpR4KHSYCBFQQ6AEIzAA#v=onepage&q=Saber%20de%20vinos&f=false>. ISBN: 8497352408.
5. **GARCÍA GALLEGO, Jesús. 2008.** *Maridaje, enología y cata de vinos.* [En línea]. Málaga - España : Innovación y Cualificación Ediciones, 2008. [Consulta: 23 de enero de 2016]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=x1pVoCIFrEYC&printsec=frontcover&dq=Maridaje,+enolog%C3%ADa+y+cata+de+vinos&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwit5ZnEzcrLAhXBPB4KHfsNDCoQ6AEIGzAA#v=onepage&q=Maridaje%2C%20enolog%C3%ADa%20y%20cata%20de%20vinos&f=false>. ISBN: 9788483641507.
6. **GARCÍA ORTIZ, Francisco., et al.** *El vino y su servicio.* [En línea]. Madrid - España: Paraninfo, 2009. [Consulta: 10 de enero de 2016]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=uttXxQg3828C&printsec=frontcover&dq=El+vino+y+su+servicio&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjb-9yztzsrLAhVFFR4KHdFoB4sQ6AEIGzAA#v=onepage&q=El%20vino%20y%20su%20servicio&f=false>. ISBN: 97884973265820.
7. **GÓMEZ PALACIOS, José María, & ESTRADA de LUIS, Inés Belén.** *Índices de calidad de suelos y compost desde la perspectiva agro - ecológica.* [En línea]. Sevilla - España: 2005. [Consulta: 23 de febrero de 2016]. Disponible en: [http://www.bpeninsular.com/pdfs/Ponencia\\_ISR\\_Sevilla.pdf](http://www.bpeninsular.com/pdfs/Ponencia_ISR_Sevilla.pdf)

8. **MARTÍNEZ CUEVAS, María Dolores.** *Las levaduras y el vino.* [En línea]. Andalucía - España: 2010. [Consulta: 05 de Febrero de 2016]. Disponible en: [http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/14002984/helvia/aula/archivos/repositorio/1250/1472/html/levaduras/index\\_.html](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/14002984/helvia/aula/archivos/repositorio/1250/1472/html/levaduras/index_.html).
9. **MCCARTHY, Ed, & EWING-MULLIGAN, Mary.** 2012. *Vino para Dummies.* [En línea]. Madrid - España: Parramón Ediciones, S. A., 2012. [Consulta: 05 de Febrero de 2016]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=tYLmSRDViaYC&printsec=frontcover&dq=Vino+para+Dummies&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwih9qG0MrLAhXGHB4KHVVViATI6AEIGzAA#v=onepage&q=Vino%20para%20Dummies&f=false>. ISBN: 9788432901041
10. **MECÍAS HERRERA, Nelsón Luis.** *Evaluación de un sistema de estimulación magnética aplicado a microorganismos eficientes autóctonos (EMAs) para el tratamiento de residuos orgánicos para el GAD del Cantón La Concordia.* (Tesis Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Riobamba - Ecuador. 2015. págs. 1 - 71. [Consulta: 02 de noviembre de 2015].
11. **MONROY H, Oscar, & VINIEGRA G, Gustavo.** *Biotechnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos.* Ciudad de México - México : AGT EDITOR, S.A, 1990, págs. 95 - 111. ISBN: 968463000X
12. **MORENO CASCO, Joaquín, & MORAL HERRERO, Raul.** *Compostaje.* Madrid - España: Ediciones Mundi - Prensa, 2011, págs. 9 - 301. ISBN: 9788484763468.
13. **MUNDO VINO.** *Sedimentos del vino.* [En línea]. Navarra - España: 2009. [Consulta: 10 de Febrero de 2016]. Disponible en: <http://www.mundovino.net/2009/04/sedimentos-del-vino.html>
14. **ORRIOLS FERNÁNDEZ, Ignacio, & BLANCO CAMBA, Pilar.** *Experiencias recientes con levaduras, crianza en madera y destilados autóctonos de la Estación de Vinicultura y Enología de Galicia.* [En línea]. Galicia - España: 2010. [Consulta: 06 de febrero de 2016]. Disponible en: [http://www.winetech-sudoe.eu/files/Presentacion\\_EVEGA.pdf](http://www.winetech-sudoe.eu/files/Presentacion_EVEGA.pdf).
15. **PALADINO, Silvia.** *Fermentación maloláctica.* [En línea]. Guaraní - Colombia: 2011. [Consulta: 03 de Febrero de 2016]. Disponible en: [http://www.inv.gov.ar/inv\\_contenidos/pdf/foro/2011/14-UNCFCA-LaFermentacionMalolactica27-10-11.pdf](http://www.inv.gov.ar/inv_contenidos/pdf/foro/2011/14-UNCFCA-LaFermentacionMalolactica27-10-11.pdf)

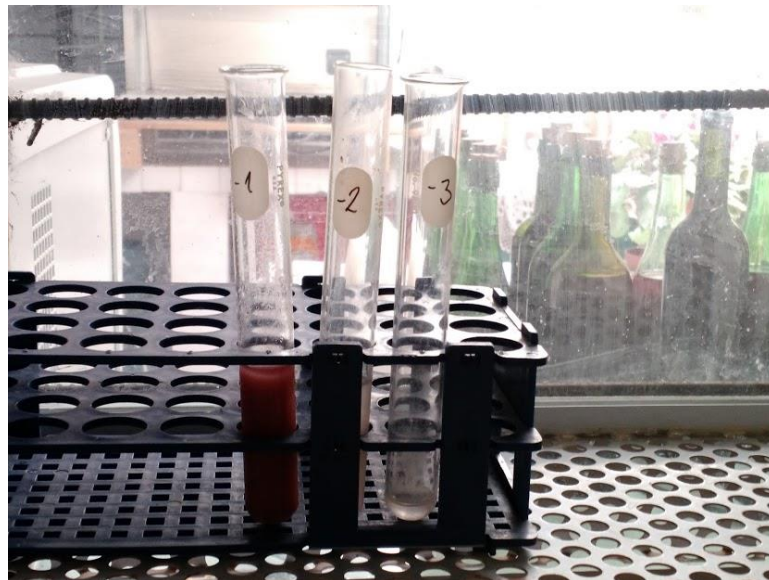
- 16. PINZÓN, María del Carmen., et al.** *Biblioteca del Campo - Abonos orgánicos*. Bogotá - Colombia: Ediciones Cultural Ltda., C.E., 2004. págs. 12 - 28. ISBN: 958974351X.
- 17. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CUYO.** *La reutilización de los residuos del proceso de vinificación*. Ciudad de uján de Cuyo - Argentina: 2011. [En línea]. [Consulta: 05 de diciembre de 2015]. Disponible en: [http://argentinainvestiga.edu.ar/noticia.php?titulo=la\\_reutilizacion\\_de\\_los\\_residuos\\_del\\_proceso\\_de\\_vinificacion&id=1417#.VuYqB\\_nhBdg](http://argentinainvestiga.edu.ar/noticia.php?titulo=la_reutilizacion_de_los_residuos_del_proceso_de_vinificacion&id=1417#.VuYqB_nhBdg)
- 18. UNIVERSIDADES DE VIGO, & SANTIAGO DE COMPOSTELA.** *Residuos, de problema a ganancia*. España: 2012. [En línea]. [Consulta: 05 de diciembre de 2015]. Disponible en: [http://elmundovino.elmundo.es/elmundovino/noticia.html?vi\\_seccion=4&vs\\_fecha=201201&vs\\_noticia=1326358221](http://elmundovino.elmundo.es/elmundovino/noticia.html?vi_seccion=4&vs_fecha=201201&vs_noticia=1326358221)
- 19. VALDERRAMA ÁLVAREZ, Carolina Andrea.** *Guía de prácticas ambientales para la Vitivinicultura*. [En línea]. (Tesis Pregrado). Universidad de Chile, Facultad de Ciencias agronómicas, Escuela de Agronomía, Santiago - Chile. 2008. págs. 1 - 79. [Consulta: 02 de diciembre de 2015]. Disponible en: [http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2008/valderrama\\_c/sources/valderrama\\_c.pdf](http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2008/valderrama_c/sources/valderrama_c.pdf)
- 20. ZOECKLEIN, Bruce., et al.** *Análisis y producción de vino*. Zaragoza - España: Acribia S.A., 2001, págs. 79 - 312. ISBN: 8420009369.

## ANEXOS

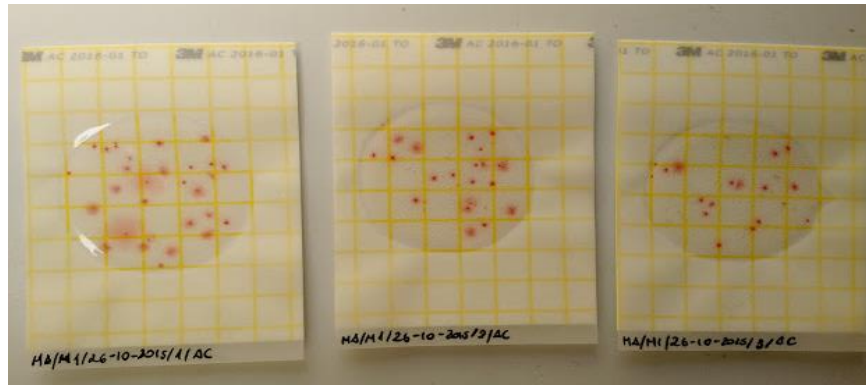
### ANEXO A: Caracterización de sedimento de vino de mora de la empresa Alma Natura.



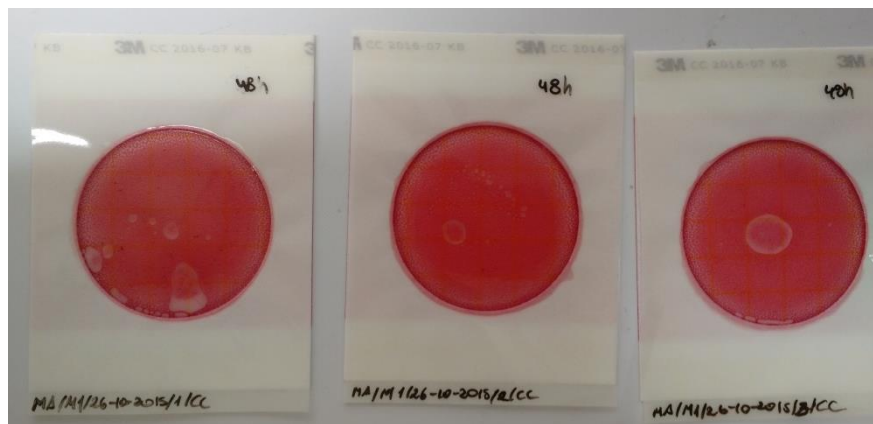
**Fotografía 1.** Análisis de sedimento –  
Instalaciones LABIMA.



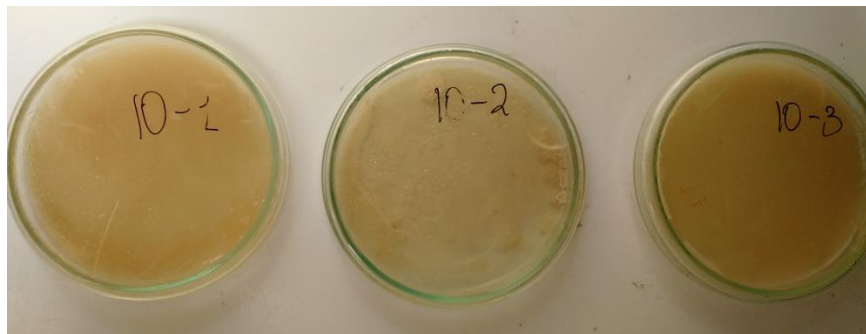
**Fotografía 2.** Dilución de sedimento de vino de mora.



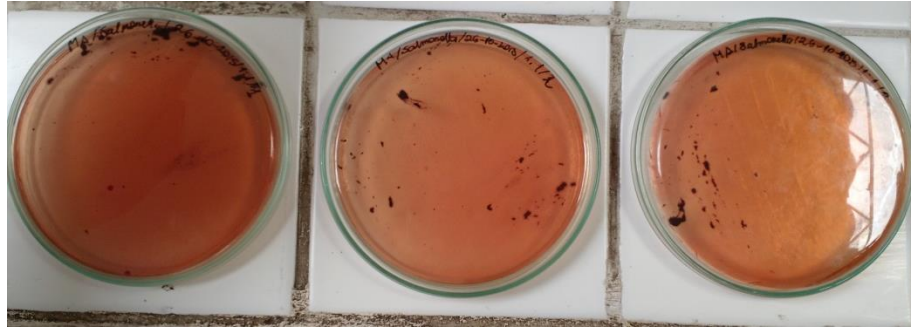
**Fotografía 3.** Placas Petrifilm™ AC - Recuento de aerobios de sedimento de vino de mora.



**Fotografía 4.** Placas Petrifilm™ CC - Recuento de coliformes de sedimento de vino de mora.



**Fotografía 5.** Agar MRS de sedimento de vino de mora.



**Fotografía 6.** Agar Salmonella de sedimento de vino de mora.



**ANEXO B:** Construcción de pilas de compostaje.



**Fotografía 7.** Peso de materia prima para pilas de compost.



**Fotografía 8.** Pilas de compostaje con sedimento de vino de mora de la empresa Alma Natura.

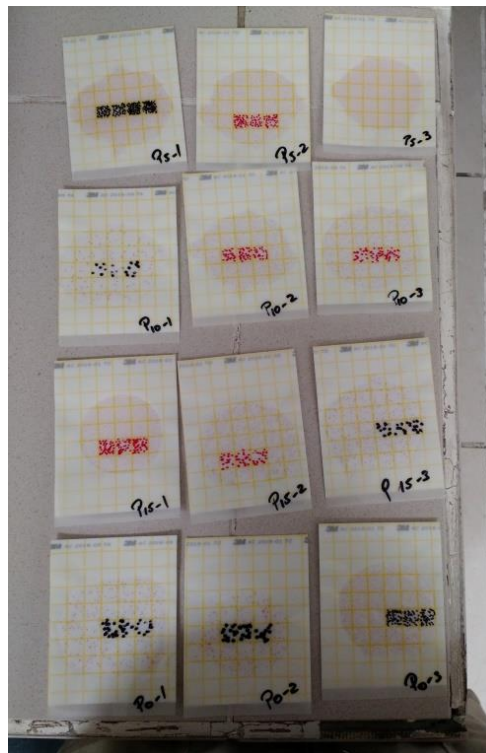


**Fotografía 9.** Volteo de pilas de compostaje.

**ANEXO C: Caracterización de pilas de compost.**

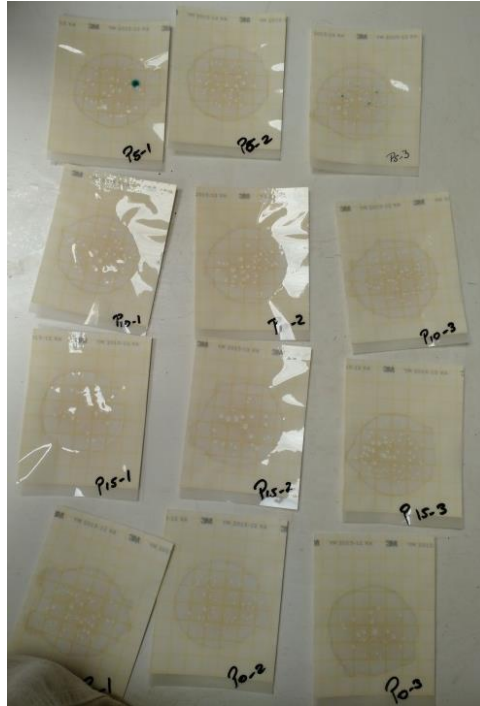


**Fotografía 10.** Muestreo de pilas de compost.



**Fotografía 11.** Placas Petrifilm™ AC-  
Recuento de aerobios de pilas de compostaje (inicial).

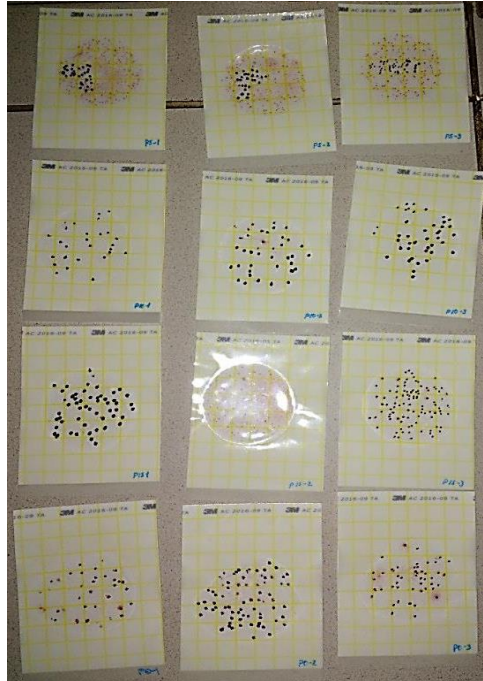




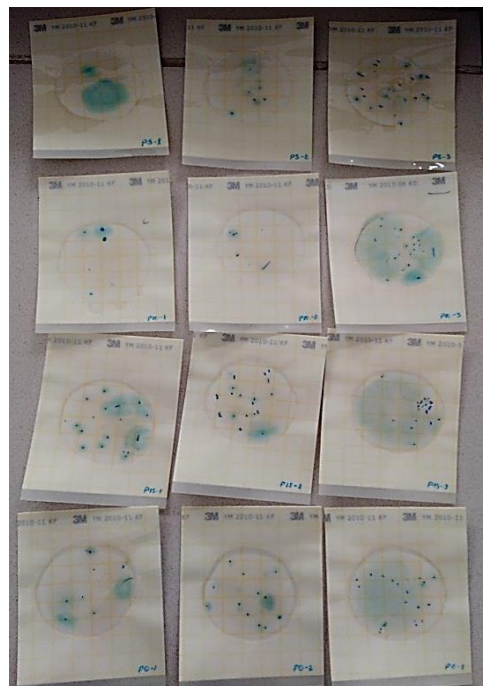
**Fotografía 12.** Placas Petrifilm™ YM-  
Recuento de mohos y  
levaduras de pilas de  
compostaje (inicial).



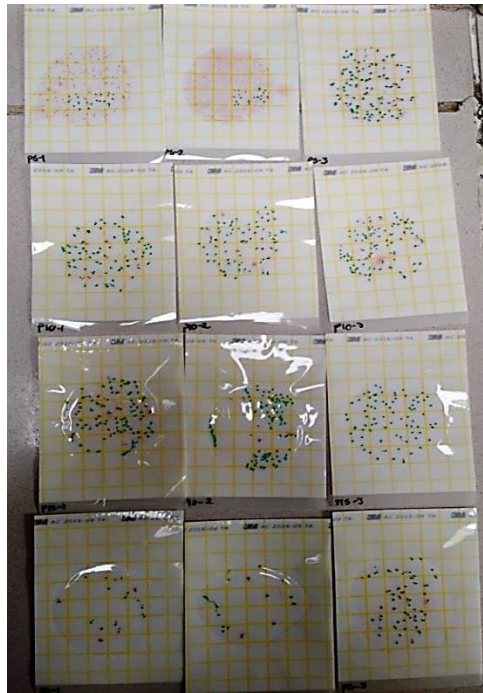
**Fotografía 13.** Medición de temperatura de  
la pila de compost.



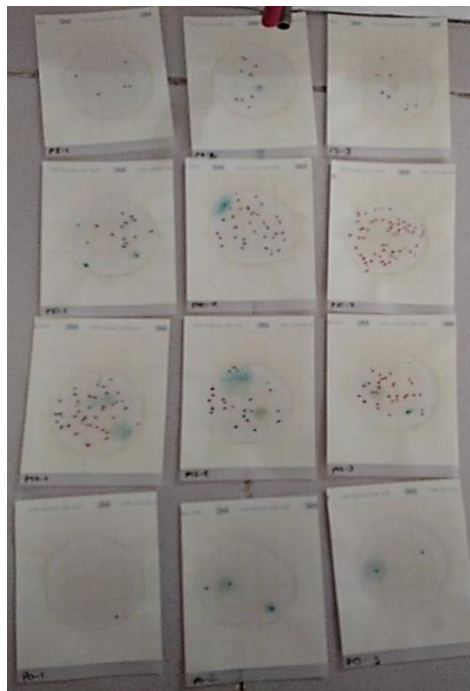
**Fotografía 14.** Placas Petrifilm™ AC-  
Recuento de aerobios de  
pilas de compostaje  
(intermedio).



**Fotografía 15.** Placas Petrifilm™ YM-  
Recuento de mohos y  
levaduras de pilas de  
compostaje  
(intermedio).



**Fotografía 16.** Placas Petrifilm™ AC-  
Recuento de aerobios  
de pilas de compostaje  
(final).



**Fotografía 17.** Placas Petrifilm™ YM-  
Recuento de mohos y  
levaduras de pilas de  
compostaje (final).





**Fotografía 18.** Volteo de pilas de compost.



**Fotografía 19.** Pilas de compost etapa de maduración.