

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE TRES ACTIVADORES  
BIOLÓGICOS APLICADOS A PILAS DE COMPOSTAJE UBICADAS  
EN LA COMUNIDAD DE SAN FRANCISCO DE CRUZ LOMA**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
AMBIENTAL**

**GIANNI CAROLINA DÉFAZ VISUETE**  
gianni1520@hotmail.es

**HENRY ALEJANDRO GUALOTO SIMBAÑA**  
henry.alejandro09@gmail.com

**DIRECTOR: ING. GISSELA ELIZABETH VILAÑA TRUJILLO**  
gissela.vilana@epn.edu.ec

**CODIRECTOR: M.Sc. ING CÉSAR ALFONSO NARVÁEZ RIVERA**  
cesar.narvaez@epn.edu.ec

**Quito, enero 2020**

## **DECLARACIÓN**

Nosotros, Gianni Carolina Défaz Visuete y Henry Alejandro Gualoto Simbaña, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**Gianni Carolina Défaz  
Visuete**

---

**Henry Alejandro Gualoto  
Simbaña**

## CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Gianni Carolina Défaz Visuete y Henry Alejandro Gualoto Simbaña, bajo nuestra supervisión.

---

**Ing.**  
**Gissela Elizabeth Vilaña Trujillo**  
DIRECTORA DEL PROYECTO

---

**M.Sc. Ing**  
**César Alfonso Narváez Rivera**  
CODIRECTOR DEL PROYECTO

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser mi apoyo, guía y fuerza durante mi formación académica y durante todas las etapas de mi vida.

A mis padres Carlos Défaz y Yolanda Visuete por su apoyo y amor incondicional ya que a pesar de que su situación laboral no les permitía compartir con nosotras la mayor parte del tiempo siempre supieron guiarme, enseñarme valores y estar pendiente de mí. Les agradezco infinitamente ya que sin ustedes nada de esto hubiera sido posible.

A mi ñaña Selene por brindarme consejos y a mi ñaña Made por siempre apoyarme y demostrarme cariño. Les quiero mucho

A mi amigo y compañero de tesis Henry Gualoto por su paciencia, apoyo, risas y todos los momentos compartidos que hicieron que este trabajo resulte de la mejor manera y sea una experiencia maravillosa e inolvidable.

A mis amigos los conitos Pao, Guiss, Kevin, Andrés, Bladimir, Ally, Mayrita por convertir las clases en un ambiente ameno lleno de risas, anécdotas, giras y sobre todo por ser buenas personas y brindarme su amistad.

A Cristian Rodríguez por su apoyo incondicional durante mi formación académica ya que al permitirme formar parte de tu vida supiste compartirme tus conocimientos de la manera más sutil y paciente. Gracias por darme ánimo y estar a mi lado siempre; por todas las experiencias compartidas y hermosos recuerdos que te convirtieron en parte importante de mi vida.

A mis tutores; Ing Gissela Vilaña y el Msc. César Narváez por contribuir con sus conocimientos en la elaboración y culminación de este trabajo.

A la comunidad de San Francisco de Cruz Loma quienes con su amabilidad y cooperación facilitaron la realización de este trabajo.

A la Sra Hilda Moreno por facilitar el terreno en el cual se llevó a cabo la fase experimental de este trabajo, adicionalmente por su amable atención, preocupación y cuidado durante los días en que se llevaba a cabo la caracterización de residuos.

Al Laboratorio del Centro de Investigación y Control Ambiental (CICAM) por brindarnos su ayuda en la realización de los análisis de coliformes fecales.

A FONAG por el apoyo brindado en la elaboración de este trabajo.

Finalmente a la Escuela Politécnica Nacional por permitirme adquirir la mejor formación académica.

*Gianni*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por la vida, la familia, los amigos, los lugares y circunstancias donde me pusiste para vivirla, por las tristezas y alegrías, por la abundancia y la escasez, la salud y enfermedad.

A mis Padres Gladis Simbaña y Ángel Gualoto, por el amor y cariño incondicionales, por la paciencia, perseverancia y sacrificio para con sus hijos, por los valores que me enseñaron, este es un logro más gracias a ustedes.

A mi segunda mamá, Dolores Pumisacho, por el amor y las enseñanzas adquiridas durante los primeros 10 años de mi vida, por acompañarme hasta estos momentos y por ser el pilar fundamental que sostiene mi vida.

A mis hermanos Jonathan, Lizbeth y Sarai, por su cariño, respeto, comprensión, por los momentos de alegría y risas, reflexión y comprensión, enojo y reconciliación.

A mi tío Alberto Simbaña, por estar ahí siempre que lo necesito, por el apoyo incondicional brindado durante toda mi vida.

A mi amiga Gianni Défaz y su familia, por todo el cariño, respeto, apoyo incondicional brindado durante todo este proceso.

A mis amigos Rommel, Kevin, Paola, Guissela, Andrés, Bladimir, Allison, Mayrita, Carlos, Iván, Andrés, Luis, Carlos por todo el apoyo, sufrimiento y alegrías que nos tocó vivir durante esta etapa universitaria.

A mis tutores Ing. Gissela Vilaña y MSc. César Narváez por sus conocimientos, paciencia y apoyo para concluir con éxito este trabajo.

Al Centro de Investigación y Control Ambiental por el apoyo brindado en este proyecto

A la asociación ASOCRUZLOMA, en especial a la señora Hilda.

*Henry*

## DEDICATORIA

A mis abuelitos Luis Alfredo Visuete y Luz María Campaña quienes a pesar de no estar conmigo físicamente me guían, acompañan y protegen desde el cielo

A mi padres Carlos Défaz y Yolanda Visuete por sus esfuerzos, tiempo cariño y dedicación invertidos en mí

A mis ñañas Selene y Made quienes por sus consejos, apoyo y cariño

A mis cachorritos ya que su presencia mantiene presente mi meta de ayudar a todos los cachorros que lo necesitan motivándome a esforzarme más.

*Gianni*



## DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a las personas que siempre están conmigo, Ángel Gualoto, Gladis simbaña, Dolores Pumisacho, Alberto Simbaña, Jonathan, Lizbeth y Saraí por la confianza y la fe depositadas, por el amor y el apoyo incondicional; este logro es de todos nosotros, gracias

*Henry*

## CONTENIDO

DECLARACIÓN .....	I
CERTIFICACIÓN .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
DEDICATORIA.....	VII
CONTENIDO .....	IX
ÍNDICE DE TABLAS .....	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XV
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	XVI
ÍNDICE DE ANEXOS .....	XVIII
SIMBOLOGÍA Y SIGLAS.....	XIX
RESUMEN .....	XXI
ABSTRACT .....	XXIII
PRESENTACIÓN.....	XXV
CAPÍTULO 1 .....	1
INTRODUCCIÓN .....	11
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	3
1.1.2. LÍNEA BASE DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	3
1.2. OBJETIVOS.....	7
1.2.1. OBJETIVO GENERAL .....	7
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	8
1.3. ALCANCE .....	8
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	9
CAPÍTULO 2 .....	11
MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS .....	11
2.2. TÉCNICAS DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS BIODEGRADABLES .....	11

2.2.1. ALIMENTACIÓN ANIMAL .....	12
2.2.2. COMPOSTAJE.....	12
2.2.3. LOMBRICULTURA.....	12
2.2.4. BIOCOMBUSTIBLES .....	12
2.2.5. BOCASHI .....	13
2.2.6. BIOFERTILIZANTES.....	13
2.2.7. BIOFERMENTOS.....	13
2.3. COMPOST.....	14
2.3.1 IMPORTANCIA DE LA ELABORACIÓN DE COMPOST .....	14
2.3.2 TÉCNICAS DE COMPOSTAJE .....	15
2.3.3 CLASIFICACIÓN DEL COMPOST .....	17
2.3.4. REQUISITOS DEL COMPOST .....	18
2.4. PROCESO DE COMPOSTAJE .....	20
2.4.1 ETAPAS DEL PROCESO DE COMPOSTAJE .....	22
2.4.2 PARÁMETROS ESENCIALES PARA UN ÓPTIMO PROCESO DE COMPOSTAJE.....	23
2.5. PROPIEDADES DEL COMPOST EN EL SUELO.....	30
2.5.1 PROPIEDADES FÍSICAS .....	30
2.5.2 PROPIEDADES QUÍMICAS .....	30
2.5.3 PROPIEDADES BIOLÓGICAS.....	31
2.6. ACTIVADORES BIOLÓGICOS.....	32
2.6.1 TIPOS DE ACTIVADORES BIOLÓGICOS .....	32
CAPÍTULO 3 .....	35
METODOLOGÍA.....	34
3.1. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ASOCRUZLOMA.....	35
3.1.1 DEFINICIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA REPRESENTATIVA .....	36
3.1.2 PROCEDIMIENTO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ASOCRUZLOMA .....	36

3.1.3 DETERMINACIÓN DE LA GENERACIÓN PER CÁPITA Y LA GENERACIÓN TOTAL DIARIA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS .....	37
3.1.4 DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS.....	38
3.1.5 DETERMINACIÓN DE LA TASA DE GENERACIÓN Y GENERACIÓN TOTAL DIARIA DE RESIDUOS AGRÍCOLAS Y GANADEROS .....	38
3.1.6 DETERMINACIÓN DE LA GENERACIÓN TOTAL DIARIA DE RESIDUOS EN ASOCRUZLOMA .....	39
3.2. OBTENCIÓN DE LOS ACTIVADORES BIOLÓGICOS .....	39
3.2.1 TÉCNICAS DE SIEMBRA Y COSECHA DE EMAS.....	40
3.2.2 SUERO DE LECHE .....	41
3.2.3 FERMENTO DE ALFALFA .....	41
3.3. PREPARACIÓN DE LOS ACTIVADORES BIOLÓGICOS.....	42
3.3.1 SOLUCIÓN MADRE DE LOS EMAS .....	42
3.3.2 SOLUCIÓN MADRE DEL SUERO DE LECHE .....	43
3.3.3 SOLUCIÓN MADRE DEL FERMENTO DE ALFALFA.....	43
3.4. ELABORACIÓN DE LAS PILAS DE COMPOSTAJE.....	43
3.4.1. MEDICIÓN, LIMPIEZA Y DIVISIÓN DEL TERRENO PARA UBICACIÓN DE LAS PILAS.....	43
3.4.2. DISTRIBUCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS PILAS DE COMPOSTAJE.....	44
3.4.3. ARMADO DE LA PILA DE COMPOSTAJE .....	46
3.5. MANEJO DE LAS PILAS DE COMPOSTAJE.....	47
3.5.1. VOLTEO DE LA PILA DE COMPOSTAJE .....	48
3.5.2. RIEGO DE LA PILA DE COMPOSTAJE .....	48
3.6. MONITOREO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE EN CAMPO .....	48
3.6.1. TEMPERATURA .....	49
3.6.2. HUMEDAD .....	49
3.7. MONITOREO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE .....	49

3.7.1. pH.....	49
3.7.2. HUMEDAD .....	50
3.8. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL COMPOST MADURO .....	50
3.8.1. DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS UTILIZADOS PARA MEDIR LOS PARÁMETROS NT, MO, CARBONOORGÁNICO, RELACIÓN C/N, DENSIDAD APARENTE, CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y COLIFORMES FECALES.....	50
3.9. DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE .....	52
3.10. SELECCIÓN DEL ACTIVADOR BIOLÓGICO EFICIENTE.....	52
CAPÍTULO 4 .....	53
RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	52
4.1. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ASOCRUZLOMA .....	53
4.1.1. TAMAÑO DE LA MUESTRA REPRESENTATIVA.....	54
4.1.2. GENERACIÓN PER CÁPITA Y GENERACIÓN TOTAL DIARIA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS.....	55
4.1.3. COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS .....	56
4.1.4. TASA DE GENERACIÓN DE LOS RESIDUOS AGRÍCOLAS Y GANADEROS.....	57
4.1.5. GENERACIÓN TOTAL DIARIA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN ASOCRUZLOMA.....	58
4.2. ANÁLISIS DEL MONITOREO IN SITU DEL PROCESO DE COMPOSTAJE .....	60
4.2.1. COMPORTAMIENTO DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y PH DE LAS PILAS DE CONTROL DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE.....	60
4.2.2. COMPORTAMIENTO DE TEMPERATURA DURANTE EL PROCESO .....	62

4.2.3. PORCENTAJE DE HUMEDAD DURANTE EL PROCESO.....	65
4.2.4. pH.....	67
4.3. ANÁLISIS DE LA COMPROBACIÓN DEL GRADO DE MADURACIÓN DEL COMPOST .....	69
4.4. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL COMPOST MADURO REALIZADOS EN EL LABORATORIO .....	69
4.4.1. NITRÓGENO TOTAL EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS .....	70
4.4.2. MATERIA ORGÁNICA EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS .....	71
4.4.3. CARBONO ORGÁNICO EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS .....	72
4.4.4. RELACIÓN CARBONO NITRÓGENO (C/N) EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.....	73
4.4.5. DENSIDAD APARENTE .....	75
4.4.6. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA .....	76
4.4.7. COLIFORMES FECALES .....	77
4.5. ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE .....	78
4.6. SELECCIÓN DEL ACTIVADOR BIOLÓGICO EFICIENTE.....	80
CAPÍTULO 5 .....	82
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	79
5.1. CONCLUSIONES .....	82
5.2. RECOMENDACIONES.....	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	87

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1.1</b> PROMEDIO MENSUAL DE LA PRECIPITACIÓN 2018-2019 .....	5
<b>TABLA 2.1</b> REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS.....	19
<b>TABLA 2.2</b> REQUISITOS FÍSICO QUÍMICOS DEL COMPOST SEGÚN LA NORMA NCH2880.....	19
<b>TABLA 2.3</b> PARÁMETROS DEL COMPOSTAJE.....	30
<b>TABLA 4.1</b> CANTIDAD DE RESIDUOS DOMICILIARIOS .....	53
<b>TABLA 4.2</b> CANTIDAD DE RESIDUOS AGRÍCOLAS Y GANADEROS .....	54
<b>TABLA 4.3</b> COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS DOMICILIARIOS .....	56
<b>TABLA 4.4</b> GENERACIÓN TOTAL DIARIA DE RESIDUOS EN ASOCRUZLOMA.....	59
<b>TABLA 4.5</b> RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DEL COMPOST MADURO .....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.1</b> UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	3
<b>FIGURA 2.1</b> COMPOSTAJE.....	12
<b>FIGURA 2.2</b> REACCIÓN DEL PROCESO DE COMPOSTAJE .....	20
<b>FIGURA 2.3</b> ECUACIÓN DE AMINIZACIÓN .....	21
<b>FIGURA 2.4</b> REACCIÓN DE AMONIFICACIÓN .....	22
<b>FIGURA 2.5</b> ECUACIÓN DE NITRIFICACIÓN .....	22
<b>FIGURA 2.6</b> ECUACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD .....	28
<b>FIGURA 3.1</b> LUGAR DE SIEMBRA .....	40
<b>FIGURA 3.2</b> SIEMBRA DE MICROORGANISMOS .....	41
<b>FIGURA 3.3</b> COSECHA DE EMAs .....	41
<b>FIGURA 3.4</b> ELABORACIÓN DEL FERMENTO DE ALFALFA .....	42
<b>FIGURA 3.5</b> SOLUCIÓN MADRE EMAs.....	43
<b>FIGURA 3.6</b> PREPARACIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL .....	44
<b>FIGURA 3.7</b> DISTRIBUCIÓN DE LAS PILAS DE COMPOSTAJE.....	45
<b>FIGURA 3.8</b> ELABORACIÓN DE LAS PILAS .....	47
<b>FIGURA 3.9</b> VOLTEO DE LA PILA .....	48
<b>FIGURA 3.10</b> RIEGO DE LA PILA.....	48



## ÍNDICE DE GRÁFICAS

<b>GRÁFICA 1.1</b> PRECIPITACIONES DIARIAS CRUZ LOMA .....	6
<b>GRÁFICA 4.1</b> PORCENTAJE DE LA COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS DOMICILIARIOS.....	57
<b>GRÁFICA 4.2</b> PORCENTAJE DE RESIDUOS GENERADOS EN ASOCRUZLOMA.....	59
<b>GRÁFICA 4.3</b> COMPORTAMIENTO DE TEMPERATURA HUMEDAD Y pH DE LAS PILAS DE CONTROL .....	61
<b>GRÁFICA 4.4</b> COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA POR CONCENTRACIÓN DE LOS DIFERENTES ACTIVADORES Y EL BLANCO DEL MÉTODO .....	63
<b>GRÁFICA 4.5</b> COMPORTAMIENTO DE LA HUMEDAD POR CONCENTRACIÓN ENTRE LOS DIFERENTES ACTIVADORES Y EL BLANCO DEL MÉTODO .....	66
<b>GRÁFICA 4.6</b> COMPORTAMIENTO DEL pH POR CONCENTRACIÓN ENTRE LOS DIFERENTES ACTIVADORES Y EL BLANCO DEL MÉTODO.....	68
<b>GRÁFICA 4.7</b> COMPARACIÓN DE NITRÓGENO TOTAL EN TODAS LAS PILAS DE COMPOSTAJE .....	70
<b>GRÁFICA 4.8</b> COMPARACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN TODAS LAS PILAS DE COMPOSTAJE .....	72
<b>GRÁFICA 4.9</b> COMPARACIÓN DEL CARBONO ORGÁNICO EN TODAS LAS PILAS DE COMPOSTAJE .....	73
<b>GRÁFICA 4.10</b> COMPARACIÓN DE LA RELACIÓN C/N EN TODAS LAS PILAS DE COMPOSTAJE .....	74
<b>GRÁFICA 4.11</b> COMPARACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE EN TODAS LAS PILAS DE COMPOSTAJE .....	75
<b>GRÁFICA 4.12</b> COMPARACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN TODAS LAS PILAS DE COMPOSTAJE.....	76

<b>GRÁFICA 4.13</b> COMPARACIÓN DEL NMP DE COLIFORMES FECALIS EN TODAS LAS PILAS DE COMPOSTAJE .....	77
<b>GRÁFICA 4.14</b> PESOS INICIALES Y FINALES DE LAS PILAS COMPOSTERAS .....	79

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1</b> LISTADO DE MIEMBROS DE LA ASOCIACIÓN ASOCRUZLOMA.....	95
<b>ANEXO 2</b> REGISTRO DE LAS TEMPERATURAS TOMADAS DOS VECES A LA SEMANA DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE .....	98
<b>ANEXO 3</b> REGISTRO DE LA HUMEDAD TOMADA DOS VECES A LA SEMANA DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE .....	100
<b>ANEXO 4</b> REGISTRO DEL Ph TOMADO DOS VECES A LA SEMANA DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE .....	102
<b>ANEXO 5</b> RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE NT REALIZADO POR EL LABORATORIO DEL INIAP .....	104
<b>ANEXO 6</b> RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE COLIFORMES REALIZADOS POR EL LABORATORIO DEL CICAM .....	108

## SIMBOLOGÍA Y SIGLAS

**BC:** Blanco de la Comunidad

**BM:** Blanco del Método

**BMD:** Blanco el Método Duplicado

**bmhM:** Bosque Muy Húmedo Montano

**C/N:** Relación Carbono-Nitrógeno

**C:** Carbono

**CE:** Conductividad Eléctrica

**CH:** Metano

**CIC:** Capacidad de Intercambio Catiónico

**CICAM:** Centro de Investigación y Control Ambiental

**CO:** Carbono Orgánico

**CO<sub>2</sub>:** Dióxido de Carbono

**CONQUITO:** Agencia de Promoción Económica

**Da:** Densidad aparente

**DMQ:** Distrito Metropolitano de Quito

**EMAs:** Microorganismos Eficientes autóctonos

**EPMAPS:** Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Saneamiento de Quito.

**FA:** Fermento de Alfalfa

**FONAG:** Fondo Para la Protección del Agua

**GPS:** Global Posicion System

**H:** Hidrógeno

**H<sub>2</sub>O:** Agua

**Ha:** Hectárea

**Hab:** Habitante

**INIAP:** Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

**MO:** Materia Orgánica

**mS/cm:** Mili Siemens/centímetro

**N/A:** No Aplica

**N:** Nitrógeno

**NCh:** Norma Chilena

**NH<sub>3</sub>:** Amoniac

**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>:** Ion Amonio

**NMP:** Número Más Probable

**NO<sub>2</sub><sup>-</sup>:** Ion Nitrito

**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:** Ion Nitrato

**NT:** Nitrógeno Total

**Nt:** Número Total de Personas

**O:** Oxígeno

**OPS:** Organización Panamericana de Salud

**P:** Fósforo

**pH:** Potencial Hidrógeno

**S:** Azufre

**SIPAF:** Sistemas Integrados de Producción Agrícola y Forestal

**SL:** Suero de Leche

**SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>:** Sulfato

**SV:** Sólido Volátiles

**UFP:** Unidad de Formación de Placas

**UTM:** Universal Transversal de Mercator

**WGS84:** World Geodesic System 1984

**Wt:** Peso Total

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es evaluar la eficiencia del suero de leche, fermento de alfalfa y microorganismos eficientes autóctonos (EMAs) como activadores biológicos, aplicados en pilas de compostaje elaboradas en un ecosistema de páramo, para optimizar su tiempo de maduración. Se recopiló información de las características ecológicas, precipitación y sistemas de producción de la zona de estudio (San Francisco de Cruz Loma), con la finalidad de conocer las características meteorológicas en las cuales se desarrolló el proceso de compostaje.

Para la obtención de los residuos sólidos orgánicos biodegradables con los cuales se elaboraron las pilas de compostaje se realizó una caracterización de residuos sólidos domiciliarios, agrícolas y ganaderos en un lapso de 8 días, obteniendo como resultados: las cantidades en peso de los residuos generados diariamente en ASOCRUZLOMA de 195.70 kg para los residuos de cosecha; 112 kg para el estiércol de vaca y caballo; 75.4 kg para estiércol de cuy y conejo y de 17.22 kg para los residuos domiciliarios; la composición física de los residuos domiciliarios de los cuales el 87% corresponde a los orgánicos y el 13% restante a los inorgánicos dentro de los cuales se encuentra el plástico como el componente de mayor porcentaje con un 5%; las tasas de generación de los residuos de cosecha de estiércol de cuy y conejo y de estiércol de vaca y caballo con valores de 1.62 kg/ha\*día, 0.29 kg/cabeza\*día y 1 kg/cabeza\*día respectivamente y la generación total de los residuos sólidos generados de las actividades de la ASOCRUZLOMA de 400.32 kg/día.

Una vez obtenidos los residuos se procedió al armado de 12 pilas de compostaje en bloques completamente al azar, aplicando los activadores suero de leche, fermento de alfalfa y EMAs en solución concentrada, bibliográfica y diluida (1 activador con un tipo de solución a cada pila), entre las 12 pilas se incluyen 3 pilas de control, una pila realizada con el método de la comunidad y dos pilas con la metodología derivada del método Indore.

En el transcurso del proceso de compostaje se monitorearon los parámetros temperatura, pH y humedad como indicadores del estado de madurez, dando como resultado una temperatura máxima de 45°C y mínima de 14°C; la temperatura máxima alcanzada fue 3°C mayor a la establecida bibliográficamente por Toro (2014) en el altiplano boliviano; un porcentaje óptimo de humedad entre 40% - 60% y un pH de 8.6 – 8.8 para los activadores EMAs, seguido del activador suero de leche cuya máxima temperatura fue de 33°C y mínima de 15°C, humedad entre 50% - 78% y un pH de 8.6 – 9.4 mientras que el fermento de alfalfa alcanza temperaturas que oscilan entre 15°C - 35°C, humedad entre 54.7% - 80 % y pH con un rango entre 9.2 – 9.3; de acuerdo a los datos anteriormente mencionados se determina que las pilas con el activador EMAs en sus diferentes concentraciones alcanzan la madurez en 15 semanas.

Para determinar la calidad del compost obtenido se midieron parámetros físicos: Densidad aparente y humedad; parámetros químicos: Nitrógeno Total, pH, Relación C/N, Carbono Orgánico, Materia Orgánica y Conductividad eléctrica y el parámetro microbiológico coliformes fecales, dando como resultado para la mayoría de parámetros un compost de clase A, según la normas NCh2880 para pilas maduras. Finalmente para seleccionar el activador biológico eficiente se tomó en cuenta el tiempo de maduración como parámetro adicional a los antes mencionados, dando como resultado el activador EMAs como eficiente ya que, con la aplicación de este activador se logró reducir el tiempo de maduración en un 50%, debido a que generalmente para la obtención de un compost maduro se necesitan 6 meses y en este trabajo se obtuvo el compost en 3 meses (15 semanas) a pesar de desarrollarse en un ecosistema de páramo.

**Palabras clave:** Activadores biológicos, pilas de compostaje, ecosistema de páramo, optimización.

## ABSTRACT

The objective of this work is to evaluate the efficiency of suero de leche, fermento de alfalfa and EMAs as biological activators applied in composting piles located in a paramo ecosystem to optimize their maturation time. Information on the ecological characteristics, precipitation and production systems of the study area (San Francisco de Cruz Loma) was collected in order to know the weather conditions in which the composting process was developed.

In order to obtain the biodegradable organic solid waste with which the composting piles were made, a characterization of household, agricultural and livestock solid wastes was carried out in a period of 8 days, obtaining as a result the quantities in weight, physical composition, generation rates and total generation of solid waste generated from ASOCRUZLOMA activities.

Once the waste was obtained, 12 composting piles were assembled in completely randomized blocks, applying suero de leche, fermento de alfalfa and EMAs activator in concentrated, bibliographic and diluted solution (1 activator with one type of solution to each pile), among the 12 piles are included 3 control piles, one pile made with the community method and two piles with the methodology derived from the indore method.

During the composting process the temperature, pH and humidity parameters were monitored as indicators of the state of maturity, resulting in a maximum temperature of 45 ° C and a minimum of 14 ° C, an optimum percentage of humidity 40% - 60% and a pH 8.6 - 8.8 for EMA activators, followed by suero de leche activator with a maximum temperature of 33 ° C and a minimum of 15 ° C, humidity between 50% - 78% and a pH of 8.6 - 9 , 4 while fermento de alfalfa reaches temperatures ranging between 15 ° C - 35 ° C, humidity between 54.7% - 80% and pH with a range between 9.2 - 9.3; According to the aforementioned data, it is determined that the composting piles with the EMAs activator in their different concentrations reach maturity in 15 weeks.



To determine the quality of the compost obtained, physical parameters were measured: Bulk density and humidity; Chemical parameters: Total Nitrogen, Organic Matter, Organic Carbon, C / N Ratio, pH and Electrical Conductivity and the fecal coliform microbiological parameter, resulting in a class A compost according to the NCh2880 standard for mature composting piles. Finally, in order to select the efficient biological activator, the maturation time was taken into account as an additional parameter to the aforementioned, resulting in the EMAs activator as efficient since with the application of this activator it was possible to reduce the maturation time by 50% due to The composting process generally lasts 6 months and in this work the compost was obtained in 3 months (15 weeks) despite developing in a wasteland ecosystem.

**Keywords:** biological activators, composting piles, paramo ecosystem, optimization

## PRESENTACIÓN

En el presente trabajo se evaluó la eficiencia del suero de leche, fermento de alfalfa y EMAs como activadores biológicos aplicándolos a pilas de compostaje ubicadas en un ecosistema de páramo (ASOCRUZLOMA).

Este documento contiene cinco capítulos los cuales se detallan a continuación:

En el primer capítulo se describen los antecedentes, objetivos, alcance y justificación del trabajo. Se detalla información acerca de la zona de estudio como ubicación geográfica y la línea base.

El segundo capítulo expone el fundamento teórico sobre los residuos sólidos orgánicos y sus técnicas de aprovechamiento; el compost su clasificación y requisitos; etapas y proceso de compostaje y los tipos de activadores biológicos

En el tercer capítulo se muestra la metodología aplicada para la caracterización de residuos sólidos, la obtención y preparación de los activadores biológicos; elaboración de las pilas de compost, monitoreo del proceso de compostaje tanto en campo como en laboratorio.

El cuarto capítulo presenta los análisis de resultados con respecto a la caracterización de residuos, monitoreo in situ y en laboratorio del proceso de compostaje, rendimiento del proceso y selección del activador eficiente.

Finalmente el quinto capítulo contiene las conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado en función de los análisis del capítulo anterior.

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. ANTECEDENTES

Una incorrecta gestión de los residuos sólidos ha representado un problema en la salud y al medio ambiente, debido a los altos volúmenes de residuos generados como consecuencia, del crecimiento demográfico, procesos de transformación industrial y a los hábitos de consumo de los individuos. (Sáez & Urdaneta, 2014)

“En el caso de América Latina y El Caribe ha prevalecido el manejo de los residuos bajo el esquema de (...) recolección y disposición final (...) dejando rezagados el aprovechamiento, reciclaje y tratamiento de los residuos, así como la disposición final sanitaria y ambientalmente adecuada” (Sáez & Urdaneta, 2014).

Una de las prácticas comunes para el tratamiento y disposición final de los residuos orgánicos los cuales en América Latina representan más del 50%, es el compostaje; que consiste en “proceso biológico en el cual las materias orgánicas se transforman en tierra de humus (abono orgánico) bajo el impacto de microorganismos” (Röben, 2002).

El proceso de compostaje depende de las condiciones climáticas por lo cual requiere un tiempo mínimo de 4 a 6 meses para completar su proceso; este proceso puede ser optimizado por el avance tecnológico que incorpora activadores biológicos al proceso con el fin de acelerarlo. (Azurduy, Azero, & Ortuño, 2014). En el mercado se presentan diferentes alternativas entre las que se encuentran aditivos orgánicos, microorganismos efectivos, microorganismos eficientes autóctonos y otros. (Altamirano & Cabrera, 2006)

Los activadores biológicos son mezclas de microorganismos, nutrientes, enzimas y plantas medicinales que adicionados al compostaje buscan apresurar

la degradación de residuos orgánicos, permitiendo optimizar su tiempo de maduración (Azurduy, Azero, & Ortuño, 2014), y a su vez pueden mejorar la calidad nutricional y biológica de los fertilizantes producidos.

La eficiencia de los activadores biológicos en el tiempo de maduración del compost ha sido estudiada por Guasco & Jaramillo (2015) en el proyecto "*Obtención de compost a partir de activadores biológicos*", el cual mostró resultados favorables de los activadores biológicos en la disminución del tiempo, en el proceso de madurez del compost, entre 6 a 3 meses. Además se concluyeron que dichos activadores contribuyeron a la eliminación de malos olores.

Existen estudios similares realizados en otros países como Bolivia, en el caso de Toro (2014) con su trabajo "*Efecto de cuatro activadores biológicos locales en la calidad del compost*", el cual presenta como resultado que el tiempo de descomposición depende del activador biológico utilizado, del almacenamiento del agua y de acuerdo a lo observado, el promedio mínimo de descomposición es de 82 días.

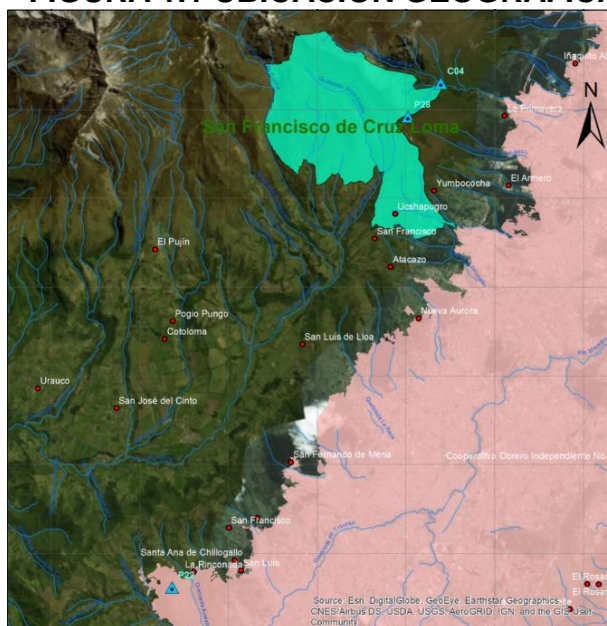
Sin embargo, la eficiencia de los activadores como suero de leche, fermento de alfalfa y microorganismos eficientes autóctonos (EMAs), aplicados en concentraciones diferentes y en condiciones de un ecosistema de páramo, no se ha investigado en el país. Los ecosistemas de páramo se caracterizan por tener un gradiente altitudinal que está entre los 3000 y 4100 m.s.n.m. el cual influye directamente en su temperatura. La temperatura a los 3500 m.s.n.m se encuentra alrededor de 7 °C y decrece a una tasa promedio de 0,5 a 0,6 °C por cada 100 m de ascenso. Su precipitación varía de los 700 mm a 3000 mm y está acompañada de vientos fuertes, de dirección cambiante, debido a sus pronunciadas pendientes y topografía. Las heladas bajo los 4000 m no son muy frecuentes, sin embargo cuando estas se producen es a determinadas horas de la madrugada. (Buytaert, Céleri, Bievre, & Cisneros, 2012)

Este trabajo pretende evaluar la eficiencia del suero de leche, fermento de alfalfa y EMAs en el tiempo de maduración del compost, aplicándolos a los residuos orgánicos biodegradables utilizados en la elaboración de pilas de compostaje con volteo manual, realizadas con la técnica “Compostaje Altoandino” en diferentes concentraciones, en la asociación ASOCRUZLOMA ubicada en la comunidad San Francisco de Cruz Loma.

### 1.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO

La comunidad de San Francisco de Cruz Loma está ubicada en un ecosistema de páramo, en la Provincia Pichincha, Distrito Metropolitano de Quito, Parroquia Lloa; en las faldas del Volcán Rucu Pichincha. La ubicación geográfica es la siguiente: longitud 9979827 y latitud 774089 utilizando un GPS. Datum: WGS 84, UTM, zona 17 S. Tiene un área de 1055 ha y se encuentra a una altura aproximada de 3200 m.s.n.m. (FONAG, 2018). Ver figura 1.1.

**FIGURA 1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA**



Fuente: (FONAG, 2019)

### 1.1.2. LÍNEA BASE DE LA ZONA DE ESTUDIO

La comunidad de San Francisco de Cruz Loma posee recursos naturales de gran valor paisajístico y recursos productivos agropecuarios. Es parte de la

comunidad la Asociación de Servicio Turístico de Cruz Loma (ASOCRUZLOMA) y la Junta de Agua San Francisco de Cruz Loma (FONAG, 2018). ASOCRUZLOMA la conforman 63 integrantes y se dedican al cultivo de huertos orgánicos y al ecoturismo.

La comunidad de San Francisco de Cruz Loma en su afán de evitar el deterioro del frágil ecosistema de páramo, tiene áreas de conservación de fuentes hídricas las cuales sirven de abastecimiento de agua al Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), en colaboración con el Fondo para la Protección del Agua (FONAG), Programa de Saneamiento Ambiental de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS) y la Agencia de Promoción Económica (CONQUITO) instituciones que han contribuido en la protección del agua y sus sistemas productivos, los cuales evitan el uso de pesticidas y fertilizantes químicos. Para controlar los problemas ambientales antrópicos causados por las actividades de 4x4 y endure la comunidad colocó controles de seguridad y una puerta de ingreso a la misma (FONAG, 2018). Adicionalmente ASOCRUZLOMA cuenta con un registro de actividades turísticas y un certificado ambiental debido a sus buenas prácticas ambientales.

La comunidad de San Francisco de Cruz Loma por su ubicación geográfica presenta ciertas condiciones meteorológicas las cuales se describen a continuación.

#### **1.1.2.1. Comportamiento de la precipitación en la zona de estudio**

En la comunidad las precipitaciones mensuales promedio desde noviembre hasta mayo oscilan entre 2 y 6 mm/mes, mientras que de junio a octubre alcanzan una media entre 0.1 y 2 mm/mes como presentan en la tabla 1.1.

**TABLA 1.1 PROMEDIO MENSUAL DE LA PRECIPITACIÓN 2018-2019**

<b>Mes</b>	<b>Promedio mensual (mm)</b>
<b>Enero</b>	2,49
<b>Febrero</b>	4,76
<b>Marzo</b>	4,41
<b>Abril</b>	4,68
<b>Mayo</b>	4,68
<b>Junio</b>	1,15
<b>Julio</b>	0,66
<b>Agosto</b>	1,65
<b>Septiembre</b>	0,13
<b>Octubre</b>	0,84
<b>Noviembre</b>	5,41
<b>Diciembre</b>	2,06

Fuente: FONAG (2019)

Elaboración: Défaz, G.; Gualoto, H., 2019

De acuerdo a los datos diarios tomados de la estación pluvial P28 de febrero de 2018 hasta enero de 2019, existen dos épocas marcadas de precipitaciones (ver, gráfica 1.1). El mes de noviembre marca el inicio del periodo de lluvias intensas o invierno y finaliza en el mes de mayo, mientras el periodo de escasas lluvias o verano, comienza en junio y finaliza en octubre.

**GRÁFICA 1.1 PRECIPITACIONES DIARIAS CRUZ LOMA**

Fuente: (FONAG, 2019). Estación Pluvial P28

Elaboración: Défaz, G.; Gualoto, H., 2019

### 1.1.2.2. Características ecológicas

Según la clasificación Holdridge, la zona de vida de la comunidad San Francisco de Cruz Loma pertenece a Bosque muy húmedo Montano (bmhM). Esta zona de vida está ubicada entre los 2900 y 4000 m.s.n.m. Sus suelos son arcillosos de color negro donde la vegetación está compuesta fundamentalmente por asociaciones florísticas y herbáceas que dependiendo de la humedad pueden variar de una vegetación exuberante y boscosa, hasta los páramos de pajonal. Sus temperaturas varían entre los 5 y 14 °C. (Struve, 2015)

### 1.1.2.3. Sistemas de producción agropecuarios

#### Agricultura

En esta zona existe gran variedad de cultivos como: cebolla (*Allium cepa*), coliflor (*Brassica olearacea var. botrytis*), lechuga (*Lactuca sativa*), melloco (*Ullucus tuberosus*), papa (*Solanum tuberosus*), alfalfa (*Medicago sativa*) entre otros. Una de las características más importantes de estos cultivos es que no contienen fertilizantes, pesticidas y ningún tipo de aditivo químico, lo que los convierte en cultivos orgánicos.



## **Ganadería**

Las personas de la comunidad se dedican a la crianza de animales tanto para consumo, transporte u otro tipo de actividades, siendo una de las principales el ecoturismo. Entre los animales de consumo se encuentran: Ganado bovino (*Bos taurus*), ovino (*Ovis aries*), porcino (*Sus doméstico*) y aves de corral. Otros animales como: asno (*Equus asinus*), caballo (*Equus caballus*) y la llama (*Lama glama*) son usados generalmente para transporte o turismo.

## **Ecoturismo**

San Francisco de Cruz Loma es un lugar turístico ya que por su ubicación en las faldas del volcán Pichincha y su cercanía al Teleférico de Quito cuenta con hermosos paisajes y numerosas fuentes de agua que descienden desde el volcán. Dentro de las atracciones turísticas se encuentran actividades como paseos a caballo hacia el volcán, caminatas por senderos, visitas a cascadas, campamentos y otros. La comunidad está muy bien organizada y cuenta con una asociación turística comunitaria (ASOCRUZLOMA), legalmente establecida, donde sus miembros trabajan por grupos y en diferentes turnos. Esta asociación brinda servicios como: preparación y venta de alimentos en las faldas del volcán, paseos a caballo, venta de productos orgánicos, fotografías con llamas, artesanías con paja y además cuentan con un sistema de hospedaje comunitario no muy desarrollado, pero que se estima que se consolide en los próximos años.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la eficiencia del suero de leche, fermento de alfalfa y Microorganismos Eficientes Autóctonos (EMAs) por sus siglas en inglés, como activadores biológicos para la descomposición de residuos orgánicos en un ecosistema de páramo, mediante experimentación in situ en pilas de compostaje para optimizar su tiempo de maduración.

### **1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la caracterización de los residuos orgánicos generados en la comunidad de San Francisco de Cruz Loma, utilizando la guía para caracterización de residuos sólidos de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) para obtener la información base.
- Acondicionar los activadores biológicos mediante aislamiento de microorganismos nativos y fermentación bacteriana para su posterior uso en el compostaje.
- Evaluar las características físico-químicas del compost mediante métodos analíticos e instrumentales para determinar el grado de maduración.
- Determinar la eficiencia de los activadores biológicos en la maduración de compost de acuerdo a la Norma Chilena NCh2880, mediante ensayos de laboratorio, variando parámetros que permitan obtener un tiempo mínimo de maduración.

### **1.3. ALCANCE**

El presente trabajo se centró en la elaboración de pilas de compostaje, a base de los residuos orgánicos biodegradables generados en los domicilios y actividades propias de ASOCRUZLOMA como venta de comida, ecoturismo, agricultura y ganadería, aplicando suero de leche, fermento de alfalfa y EMAs como activadores biológicos en estas pilas, con la finalidad de acelerar su tiempo de descomposición y proporcionar una alternativa viable de gestión de los residuos orgánicos generados en la comunidad.

Este trabajo empieza con la caracterización de residuos en ASOCRUZLOMA siguiendo la metodología desarrollada por la Organización Panamericana de la Salud (OPS), donde se recolectan los residuos domiciliarios los cuales en nuestro caso específico incluyen los residuos generados por el ecoturismo principalmente por la venta de comidas, ya que los miembros de la asociación acopian los residuos para su posterior disposición. Esto se realizó diariamente durante 8 días con el fin de obtener la composición y el peso de los mismos. Para la obtención de los diferentes activadores se siguieron dos metodologías. La

primera desarrollada por Guasco & Jaramillo (2015) para la siembra y elaboración de los EMAs y la segunda desarrollada por Toro (2014) para la elaboración del fermento de alfalfa y suero de leche.

Para el armado de las pilas de compostaje y monitoreo del proceso tanto en campo como en laboratorio se aplicó la técnica de Compostaje Altoandino desarrollada por (Chilon, 2013) en el cual se miden los parámetros humedad, pH y temperatura con la finalidad de conocer el estado de madurez de la pila. Una vez alcanzada su madurez se realizaron análisis de los parámetros físico químicos: densidad aparente, nitrógeno total, materia orgánica, conductividad eléctrica, carbono orgánico y relación carbono/nitrógeno para evaluar la eficiencia de los activadores usados y la calidad del compost obtenido.

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN**

La mala disposición de los residuos sólidos y el incremento en su generación han generado impactos ambientales negativos, entre estos residuos se encuentran los residuos sólidos orgánicos los cuales se degradan y transforman en otro tipo de materia orgánica fácilmente, motivo por el cual se los emplea como materia prima para generar otros productos de interés (Jaramillo & Zapata, 2008).

La técnica de gestión más aplicada para el manejo de estos residuos es el compostaje, dicha técnica es utilizada por la asociación ASOCRUZLOMA para la gestión de sus residuos orgánicos. El principal problema que se presenta en la comunidad al generar el compost es la imposibilidad de utilizarlo con frecuencia, ya que al ser un ecosistema de páramo posee bajas temperaturas y alta humedad por lo cual la degradación de la materia orgánica es muy lenta (Hofstede, 2001). Demora alrededor de 6 meses o más para completar el proceso de compostaje, por tal motivo no se lo puede aplicar en cantidades necesarias en sus cultivos orgánicos para los cuales el compost constituye un elemento importante.

Este trabajo pretende reducir el tiempo de maduración del compost aplicando tres activadores biológicos, permitiendo así obtener una mayor eficiencia en el proceso de compostaje y beneficios para los miembros de la asociación. En la asociación la cantidad de residuos sólidos orgánicos generados, producto de sus actividades como ecoturismo, agricultura y ganadería es considerable por lo cual su aprovechamiento reducirá su efecto negativo en el medio ambiente (Fernández & Sánchez, 2007); reincorporando al ciclo del suelo los nutrientes y evitando el uso de agroquímicos (Penagos, Buzón, Aguas, & Molina, 2011). Por tal motivo el compost resulta una opción factible para tratar los residuos sólidos orgánicos.

Adicionalmente la producción del compost en la asociación se realiza sin aditivos orgánicos (activadores biológicos) por lo tanto la degradación de residuos sólidos orgánicos se realiza en largos períodos de tiempo; de aquí la importancia de este trabajo en el que se planteará el uso de activadores biológicos para disminuir el tiempo en el proceso de compostaje.

El presente trabajo inicia con el levantamiento de la línea base de ASOCRUZLOMA para lo cual se recolecta información sobre la gestión de sus residuos domiciliarios, ya que actualmente no se dispone de ninguna información relacionada a la producción per cápita y composición física de los residuos generados. Con la parte orgánica biodegradable obtenida de la línea base se elaboran las pilas de compostaje y se realizarán monitoreos durante el proceso. Adicionalmente se establece la calidad del compost obtenido mediante análisis físicos y químicos de las muestras de compost.

La adición de activadores biológicos en las pilas de compostaje por volteo manual permitirá a los habitantes de la comunidad generar compost en menor tiempo resolviendo de esta manera su problemática de obtención de compost.

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS**

Son aquellos de origen biológico (95-98% del total de la materia de los seres vivos es materia orgánica seca) y están constituidos en mayor proporción de sustancias orgánicas (C, H y O y menor cantidad N, P, S y otros componentes). (Navarro, Moral, Gómez, & Mataix, 2010). La mayoría de ellos son biodegradables (descomposición natural) exceptuando al plástico, ya que pese a ser originado de un componente orgánico, tiene una estructura molecular compleja. (Jaramillo & Zapata, 2008)

De acuerdo al tiempo de degradación los residuos sólidos se los clasifica en biodegradables y no biodegradables. Los residuos biodegradables se degradan en micronutrientes naturalmente y en un tiempo breve, gracias al trabajo de microorganismos, agentes biológicos y hongos en entornos naturales como es el caso de restos de comida, frutas, verduras y otros. Mientras que los no-biodegradables (recalcitrantes) son aquellos en los que los microorganismos descomponedores naturales no los pueden transformar en micronutrientes y no se degradan en un tiempo corto sino que tardan prolongados tiempos como por ejemplo cartón, papel, plástico y otros. (Puerta, 2004)

#### **2.2. TÉCNICAS DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS BIODEGRADABLES**

Uno de los fundamentos para gestión de residuos lo constituye el aprovechamiento (Marmolejo, Pérez, Torres, Cajigas, & Cruz, 2010) para lo cual se emplean diferentes métodos que deben adecuarse “técnicamente a las características locales, viables económicamente y sustentables ecológicamente” (Sztern & Pravia, 2013). Dentro de las zonas rurales se genera una importante proporción de residuos orgánicos, los cuales para su aprovechamiento se

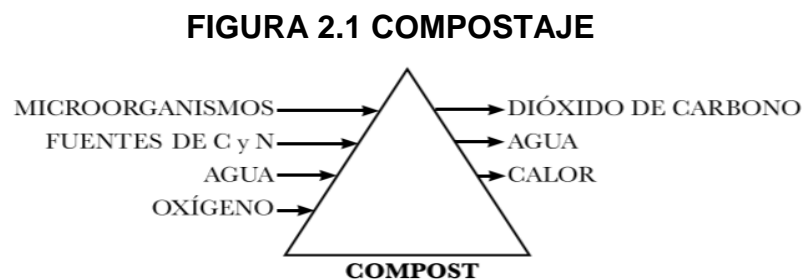
destinan para la alimentación de los animales y preparación de abonos (Buenrostro, Márquez, & Ojeda, 2009). Las técnicas de aprovechamiento se detallan a continuación

### 2.2.1. ALIMENTACIÓN ANIMAL

“Los residuos orgánicos tienen un alto contenido en humedad lo que implica dificultades para el almacenamiento, el consumo debe ser rápido con el fin de evitar problemas de fermentación o descomposición del mismo” (Jaramillo & Zapata, 2008). Por tal razón los pobladores de las zonas rurales, generalmente separan la fracción orgánica de sus residuos generados y la utilizan como comida de los animales principalmente ganado bovino y porcino.

### 2.2.2. COMPOSTAJE

“Proceso aerobio de degradación de materia orgánica” (SIPAF, 2014) (Ver figura 2.1) realizado por la acción de microorganismos donde se requiere de una humedad y temperatura adecuadas. (SIPAF, 2014)



Fuente: SIPAF, 2014

### 2.2.3. LOMBRICULTURA

Las lombrices se utilizan para transformar los residuos orgánicos en abono de alta calidad, en el proceso varios minerales se solubilizan siendo aprovechados por las plantas (SIPAF, 2014).

“Las heces de la lombriz (humus) son ricas en nutrientes, ya que contienen cinco veces más nitratos que el suelo, 11 veces más potasio y, lo que es más

importante, 7 veces más fósforo intercambiable y 3 veces más magnesio intercambiable, lo que favorece la asimilación de los nutrientes por las plantas” (Jaramillo & Zapata, 2008).

#### **2.2.4. BIOCOMBUSTIBLES**

“Biocombustible es cualquier tipo de combustible líquido, sólido o gaseoso, proveniente de la biomasa (materia orgánica de origen animal o vegetal). Este término incluye: bioetanol (o alcohol carburante), metanol, biodiesel, diésel fabricado mediante el proceso químico de Fischer-Tropsh, combustibles gaseosos, como metano o hidrógeno” (Jaramillo & Zapata, 2008).

#### **2.2.5. BOCASHI**

Bocashi es una palabra de origen japonés cuyo significado es “materia orgánica fermentada”, este es un proceso de compostaje incompleto aerobio, que se basa en volteos frecuentes y temperaturas por debajo de 50°C. Este proceso es realizado por microorganismos que se encuentran “en los propios residuos, que producen un material parcialmente estable de lenta descomposición, capaz de fertilizar a las plantas y al mismo tiempo nutrir al suelo” (Ramos & Elein, 2014).

#### **2.2.6. BIOFERTILIZANTES**

Los biofertilizantes son soluciones que contienen microorganismos estos se aplican al suelo con la finalidad de sustituir la fertilización sintética parcial o totalmente y reducir la contaminación provocada por los agroquímicos. En los biofertilizantes se utilizan dos tipos de microorganismos. “El primer grupo incluye microorganismos que tienen la capacidad de sintetizar sustancias que promueven el crecimiento de la planta, fijando nitrógeno atmosférico, solubilizando hierro y fósforo inorgánico y mejorando la tolerancia al stress por sequía, salinidad, metales tóxicos y exceso de pesticidas, por parte de la planta. El segundo grupo incluye microorganismos los cuales son capaces de disminuir o prevenir los efectos de deterioro de microorganismos patógenos” (Armenta, y otros, 2010).

### **2.2.7. BIOFERMENTOS**

Los biofermentos son líquidos resultantes del proceso de fermentación de materiales orgánicos, los cuales son transformados en minerales, vitaminas, aminoácidos, ácidos orgánicos. Por medio de actividad microbiológica, estas sustancias contribuyen con nutrimentos a las plantas y disminuyen la presencia de enfermedades y plagas de cultivos (Chaves & Guzmán, 2009).

También conocidos como bioles estos abonos se encuentran en estado líquido, proporcionan abundante energía y equilibrio mineral, su proceso de elaboración es anaerobio y está a cargo de diversos microorganismos. (Pacheco, Borrero, & Villalobos, 2017)

## **2.3. COMPOST**

El Compost es un abono orgánico resultante de la descomposición y transformación biológica aerobia de los residuos orgánicos, como rastrojos de cosechas, malezas y residuos de origen animal como estiércol, el que requiere condiciones controladas de humedad y aireación, y, un manejo apropiado con volteos adecuados para facilitar el trabajo de los microorganismos (Chilon, 2018).

### **2.3.1 IMPORTANCIA DE LA ELABORACIÓN DE COMPOST**

El compost aporta varios beneficios entre los que se encuentran: mejora de la salud y biodiversidad del suelo, incremento de la productividad agrícola, disminución de riesgos ecológicos, destrucción de los patógenos y reducción del volumen de desechos. Además, el compostaje transforma el amoníaco inestable en formas orgánicas estables de nitrógeno. (Sarkara, Pala, & Chanda, 2015).

El "compost es uno de los mejores acondicionadores que se puede obtener en forma viable. Este material permite mantener la fertilidad de los suelos con excelentes resultados en el rendimiento de los cultivos; adicional a ser un



compuesto natural, es un excelente fijador del nitrógeno, ayudando al mejoramiento de las características físicas, químicas y biológicas del suelo” (Arango & Vásquez, 2012).

Debido a que el compost es un acondicionador, ayuda a la recuperación de los suelos de la siguiente manera:

- Es “ligante: Los coloides orgánicos se asocian con las partículas del suelo y ayudan a mejorar su estructura” (Torres, Acosta, & Chinchilla, 2012)
- Es “esponjoso: La materia orgánica tiene una alta capacidad de retención de humedad, lo cual ayuda a reducir el déficit hídrico” (Torres, Acosta, & Chinchilla, 2012)
- Es “fertilizante y almacén: La liberación de los elementos en un abono orgánico es más lenta que en el caso de un fertilizante químico” (Torres, Acosta, & Chinchilla, 2012)
- Es “bioestimulante: El compost estimula el desarrollo de la microflora y microfauna en el suelo y el crecimiento radical” (Torres, Acosta, & Chinchilla, 2012).
- Incorpora micronutrientes al suelo.

### 2.3.2 TÉCNICAS DE COMPOSTAJE

Según Román, Martínez, & Pantoja (2013) las técnicas para compostaje se clasifican en sistemas abiertos y cerrados. Los sistemas abiertos son realizados al aire libre sin contenedores, y los cerrados en contenedores (o reactores) de forma aerobia o anaerobia.

#### 2.3.2.1. Sistemas abiertos o en pilas

Este tipo de compostaje se lo puede realizar cuando existe una abundante y heterogénea cantidad de residuos orgánicos (sobre 1m<sup>3</sup> o superior).

- **Aireación forzada:** Utiliza canales fabricados en el suelo proporcionando aire que permita alcanzar rangos óptimos de oxígeno.

- **Volteo manual:** La aireación de la pila se la realiza de manera manual, este método es sencillo y eficiente y se caracteriza porque la pila se remueve periódicamente con el objetivo de homogenizar la mezcla, aumentar la porosidad y controlar la humedad de pilas (Chaparro, 2013).
- **Sistema de pilas con volteo mecanizado:** Es un sistema que utiliza maquinaria para el volteo de las pilas de compostaje, puede ser una pala frontal o un tractor con un volteador lateral adaptado. En este la altura máxima de la pila es 3 m.
- **Colchón de aire:** Para su elaboración se coloca como primera capa ramas gruesas, aproximadamente 80cm de la pila, mejorando la circulación del aire de manera homogénea ya que el compost crea zonas anaerobias en la parte central inferior.
- **Chimenea:** En este tipo de compostaje se coloca un cuerpo cilíndrico sólido de 10 cm de radio como mínimo y 1.5 m de altura durante la elaboración de la pila, una vez formada la pila se lo retira para que el espacio formado actúe como chimenea y mejore la circulación de aire.

#### 2.3.2.2. Sistemas cerrados

Denominada también técnica del recipiente, que presenta las siguientes características: protege al material de fuertes vientos y de acumulación de lluvia, proporciona facilidad en el volteo en ciertos casos y extracción de lixiviados, evita la invasión de vectores como ratones, aves u otro tipo de animales y para acceder al material descompuesto se restringe a personas autorizadas.

- **Compostera vertical:** Es un contenedor asentado sobre su base. En la parte alta del recipiente se coloca el material orgánico y al finalizar el proceso de compostaje se lo extrae por la parte baja. El proceso es continuo en el caso de que se añada material orgánico de manera constante y el compost sale en forma permanente por la parte baja.

- **Compostera Horizontal:** El contenedor se asienta sobre su eje longitudinal; se la denomina también discontinuo por su proceso “mediante cargas” en el cual una vez finalizado el proceso y previo a la adición de una carga nueva en la compostera, se debe extraer el material. El producto obtenido por este sistema es homogéneo, debido a su facilidad de volteo que distribuye de mejor manera la humedad y evita la compactación.

### 2.3.3 CLASIFICACIÓN DEL COMPOST

El Instituto Nacional de Normalización Chilena clasifica el compost según su nivel de calidad teniendo las siguientes clases:

- **“Compost Clase A:** producto alto nivel de calidad que cumple con las exigencias establecidas en esta norma para el compost Clase A. Debe cumplir con las concentraciones máximas de metales pesados. Su conductividad eléctrica debe ser menor en tres decisiemens por metro (3dS/m) y su relación carbono/nitrógeno debe ser menor o igual a 25. Este producto no representa restricciones de uso” (Instituto Nacional de Normalización, 2004).
- **“Compost Clase B:** producto de un nivel de intermedio de calidad que cumple con las exigencias establecidas en esta norma para el compost Clase B. Debe cumplir con las concentraciones máximas de metales pesados. Su conductividad eléctrica debe ser menor a ocho decisiemens por metro (8dS/m) y su relación carbono/nitrógeno debe ser menor o igual a 30. Este producto puede presentar algunas restricciones de uso si su conductividad eléctrica es mayor de tres decisiemens por metro (3dS/m)” (Instituto Nacional de Normalización, 2004).
- **Compost Inmaduro o Subestándar:** El compost inmaduro o subestándar es un producto que resulta de un proceso incompleto de compostaje. Este ha pasado por la fase mesofílica y termofílica, donde ha pasado por una degradación en el inicio del proceso. Sin embargo, no ha

logrado alcanzar las fases de maduración y enfriamiento las cuales son obligatorias en un compost de clase A o B. Se mezcla con otros productos, ya que no contiene nitrógeno suficiente (Instituto Nacional de Normalización, 2004).

#### 2.3.4. REQUISITOS DEL COMPOST

Para realizar el compost el Instituto Nacional de Normalización Chilena establece los requisitos de materia prima, mientras que para un compost maduro se establecen requisitos sanitarios y físicos químicos, los cuales se describen a continuación:

- **Requisitos de materia prima:** Para realizar el proceso de compostaje la materia prima debe provenir de materia orgánica no contaminada, como restos animales y vegetales. Los materiales compostables pueden ser: restos orgánicos de la elaboración de hortalizas, frutas, legumbres, conservas, aceites comestibles, tabaco, deshidratados, congelados, producción pecuaria prima, industrias de tratamiento y transformación de carnes, industria pastelera, industria lechera, industria azucarera, restos de industria de fibras naturales, industria del cuero, residuos orgánicos domiciliarios y otras similares. (Normalización, 2004)
- **Requisitos sanitarios:** El producto final para las clases de compost A, B e Inmaduro debe cumplir con los valores de patógenos que se muestran en la tabla 2.1.

**TABLA 2.1 REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS**

Tipo de microorganismo	Tolerancia
1) Coliformes fecales	< a 1 000 NMP por gramo de compost, en base seca
2) <i>Salmonella sp</i>	Ausencia
3) Huevos de helmintos Ova helmintica	Ausencia
4) Virus MS-2	Densidad máxima < a 1 UFP por 4 g de compost, en base seca
5) <i>Listeria monocytogenes</i>	Ausencia
6) <i>Clostridium perfringens</i>	(10) 3 por gramo de compost
NMP = Número Más Probable.	
UFP = Unidad de Formación de Placas.	

Fuente: Instituto Nacional de Normalización, 2004

- **Requisitos físico químicos:** Para establecer las diferentes clases de compost obtenido se establecen los parámetros físicos químicos detallados en la tabla 2.2

**TABLA 2.2 REQUISITOS FÍSICO QUÍMICOS DEL COMPOST SEGÚN LA NORMA NCH2880**

Requisitos físico químicos				
Parámetro	Unidad	Norma Chilena NCh2880		
Olores	-	Normales para todas las clases de compost		
Humedad	%	Mayor o igual al 25% del peso total del producto		
pH	-	Del compost normal entre 5-7.5		
Relación Carbono/Nitrógeno	-	A	B	I
		10 - 25	10 - 40	Máx 50
Conductividad Eléctrica	mS/cm	Menor o igual a 5	5 - 12	N/A
Materia Orgánica	%	Mayor o igual a 45	Mayor o igual a 25%	N/A

A: Compost Clase A; B: Compost Clase B; I: Compost Inmaduro o Subestándar

Fuente: Instituto Nacional de Normalización, 2004  
Elaboración: Défaz, G.; Gualoto, H., 2019

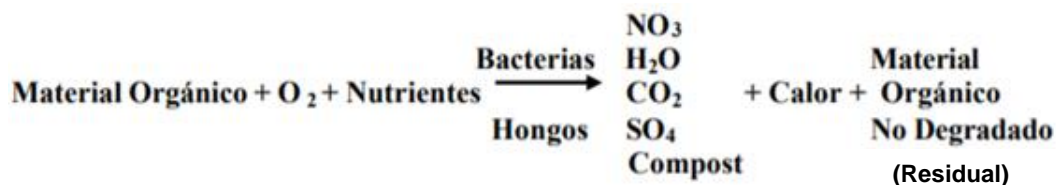
## 2.4. PROCESO DE COMPOSTAJE

En el transcurso del compostaje se transforman los residuos orgánicos degradables en un producto estable e higienizado, combinando la fase termófila y mesófila para luego ser aplicado como abono o sustrato. En este proceso el calor generado en la fase termófila destruirá huevos de parásitos, bacterias patógenas y semillas de hierbas malas dando lugar al producto higienizado.

Este proceso se realiza bajo condiciones particulares de aireación y humedad controladas y dependen de la materia prima con la que se las elabora. Es necesario realizar tratamientos previos de dicho material para facilitar el proceso; los componentes de la materia de partida inciden en los cambios químicos y en las especies comprendidas en el proceso. El compost es el producto obtenido al final del proceso de compostaje. (Villa, 2013)

Durante el proceso de compostaje se involucran varias reacciones que debido a su complejidad se utiliza una relación estequiométrica simbólica que representa la reacción de degradación del sustrato. Ver figura 2.2.

**FIGURA 2.2 REACCIÓN DEL PROCESO DE COMPOSTAJE**



Fuente: Silva, López, & Valencia, 2013

Esta reacción es consecuencia de la degradación biológica realizada por los microorganismos, los cuales mediante reacciones metabólicas separan los electrones y las formas de carbono se oxidan dando como resultado agua y dióxido de carbono. La oxidación del material orgánico no es completa ya que existe una parte del mismo que no es biodegradable.

Durante la primera fase del proceso existe gran actividad de bacterias mesofílicas quienes usan el carbono como fuente de energía expulsando CO<sub>2</sub>. Puesto que estas reacciones metabólicas son exotérmicas, generan calor, este

calor aumenta la temperatura con lo cual se produce la siguiente fase en la cual utilizando reacciones bioquímicas de oxidación, los microorganismos termofílicos estabilizan la materia orgánica. En la fase final se reduce la temperatura y actúan mohos y actinomicetos que aportan a la estabilización del compost. (Silva, López, & Valencia, 2013)

Al final de la reacción se obtiene un producto sólido llamado compost, formado por biomasa, materia orgánica estabilizada y varios compuestos y sustancias que le dan un valor agregado para poder usarlo posteriormente. (Prono, 2016)

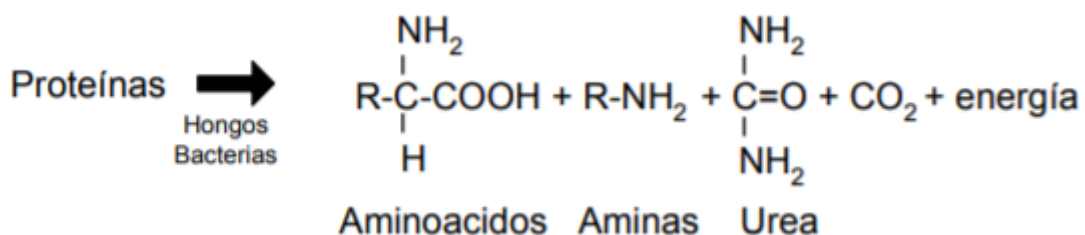
En el proceso ocurren diversas reacciones entre las más importantes se encuentran las de carbono y nitrógeno que se describen a continuación:

- **Mineralización del nitrógeno**

“El término mineralización se usa normalmente para describir la transformación de N orgánico en N inorgánico” (Perdomo & Barbazán, 2010).

**Aminización:** Rompimiento de aminoácidos, es decir la transformación de proteínas en amidas y la posterior producción de amonio. (Meléndez & Soto, 2003)

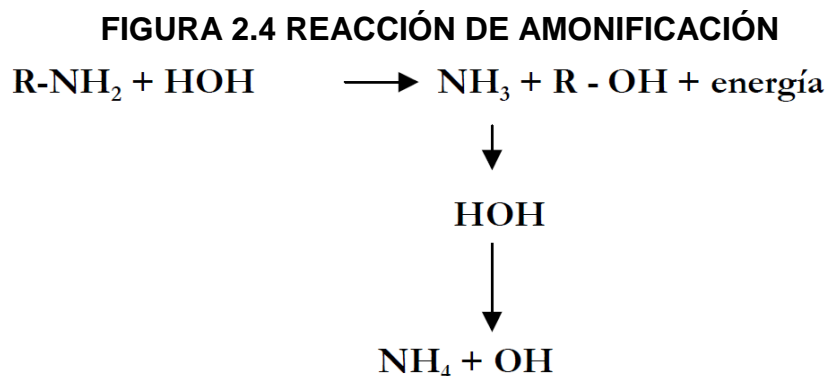
**FIGURA 2.3 ECUACIÓN DE AMINIZACIÓN**



Fuente: Perdomo & Barbazán, 2010

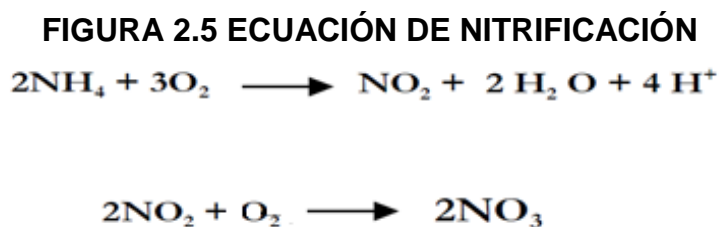
**Amonificación:** Transformación de amidas en amonio por parte de los organismos quimiotróficos dicha transformación depende de factores como el volumen de material orgánico añadido, cantidad de fracciones lábiles y

suministro de N utilizable, en este proceso intervienen tanto bacterias aeróbicas como anaeróbicas (Figuroa, Álvarez, Forero, Salamanca, & Pinzón, 2017).



Fuente: Perdomo & Barbazán, 2010

**Nitrificación:** Parte del nitrógeno amoniacal es transformado a la forma de  $\text{NO}_3$  por un conjunto de bacterias vulnerables a agentes externos esta transformación consiste en dos etapas. La primera en la que el  $\text{NH}_4^+$  se transforma en nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) y posteriormente se da la transformación de  $\text{NO}_2^-$  a  $\text{NO}_3^-$ . (Meléndez & Soto, 2003)



Fuente: Meléndez & Soto, 2003

- **Mineralización del carbono**

Los microorganismos con el uso de oxígeno oxidan el carbono contenido en la materia orgánica transformándolo en ácidos fúlvicos, biomasa, ácidos húmicos y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). El  $\text{CO}_2$  constituye un suministro de carbono para las plantas y otros organismos fotosintéticos (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).



#### 2.4.1 ETAPAS DEL PROCESO DE COMPOSTAJE

Las etapas del compostaje se clasifican según la temperatura alcanzada. Existen tres etapas principales en un compostaje, además de una etapa de maduración:

- **“Fase Mesófila:** El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45°C. Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar (hasta cerca de 4.0 o 4.5). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días)” (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).
- **“Fase Termófila o de Higienización:** Cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina” (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

Cuando se alcanza los 60°C aparecen las bacterias esporígenas y actinobacterias, que se encuentran a cargo de la descomposición de hemicelulosas y ceras. La duración de esta fase varía de acuerdo al material inicial, condiciones climatológicas del lugar, entre otros y puede tardar días hasta meses. A la fase termófila también se la conoce como higienización, ya que la generación de calor alcanzada elimina bacterias y contaminantes fecales como *Escherichia coli* y *Salmonella spp.* Con temperaturas superiores a 55°C se destruyen los huevos y quistes de helminto, esporas de hongos fitopatógenos.

- **“Fase de enfriamiento o Mesófila II:** Agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura

desciende nuevamente hasta los 40-45°C. Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista (Figura 4). Al bajar de 40 °C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración” (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

- **“Fase de Maduración:** Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos” (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

#### **2.4.2 PARÁMETROS ESENCIALES PARA UN ÓPTIMO PROCESO DE COMPOSTAJE**

Los factores involucrados en el proceso de compostaje son: tamaño de partícula, relación carbono/nitrógeno, humedad, temperatura, pH, aireación, y volteo estos se encuentran fuertemente conectados y afectan el producto final. (Partanen, Hultman, Paulin, Auvinen, & Romantschuk, 2010) . Se describen a continuación.

**Tamaño de partícula:** Para evitar que el proceso de degradación sea lento se recomienda desmenuzar, triturar o moler; el tamaño adecuado al iniciar el proceso es de 5-20 cm para facilitar la acción de los microorganismos en la materia orgánica y la velocidad del proceso aumente, mientras que al finalizar el proceso se tiene un tamaño de partícula menor a 1.6 cm. El tamaño de la partícula debe ser adecuado ya que si este es demasiado grande, se producen conductos de aire que reducen la temperatura y si es demasiado pequeña los poros se compactan y llenan de agua creando una descomposición anaerobia (Guasco & Jaramillo, 2015).

**Relación carbono / nitrógeno (C/N):** Este factor es fundamental ya que influye en la velocidad del compostaje, por lo tanto se debe procurar un equilibrio entre

la materia con gran contenido de carbono y nitrógeno a utilizar. En el proceso de compostaje los microorganismos requieren una fuente de carbono como energía para la oxidación metabólica ya que una parte es convertida en dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y la otra junto con el nitrógeno es utilizada para el desarrollo de nuevas células y suministrar nitrógeno para proteínas celulares. El carbono en forma de lignina y celulosa vuelve más compleja su degradación, por lo cual es necesario su reutilización en la pila de compostaje. Al quemarse el carbono la temperatura de la pila se eleva, reduciendo su volumen durante el proceso. Cuando existe un exceso de nitrógeno se libera como amoníaco y al haber escasez el proceso de compostaje se retarda. (Toro, 2014).

Para un óptimo proceso relación C/N es de 15:1 a 35:1 si esta relación es mayor a 35 se reduce la actividad microbiana como consecuencia los microorganismos retiran el exceso de carbono oxidándolo con escasez de nitrógeno provocando que el proceso se vuelva lento. Si la relación C/N es menor a 15:1 el compostaje se acelera, para autorregular la relación C/N los excesos de nitrógeno son liberados en forma de amoníaco (Guasco & Jaramillo, 2015).

**Humedad o riego:** La humedad es imprescindible para el desarrollo de los microorganismos ya que el agua transporta a través de la membrana elementos energéticos y nutrientes. “El rango óptimo de porcentaje de humedad para el compostaje se encuentra es del 45-60% de agua en peso de material base” (Román, Martínez, & Pantoja, 2013). Con porcentajes menores al 45% se reduce la actividad microbiana y a su vez las reacciones biológicas se retardan considerablemente. Si el porcentaje de humedad sobrepasa el rango, el agua producirá una saturación de los poros interfiriendo en el ingreso de oxígeno al material, produciéndose una descomposición anaerobia, lo cual dará como resultado la posibilidad de emisión de malos olores. (López, 2017).

“En procesos en que los principales componentes sean sustratos tales como aserrín, astillas de madera, paja y hojas secas, la necesidad de riego durante el compostaje es mayor que en los materiales más húmedos, como residuos de

cocina, hortalizas, frutas y cortes de césped” (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

En la fase termófila y mesófila la cantidad de microorganismos es mayor por lo cual el humedecimiento es importante. Se debe evitar humedecer el compost en la etapa de enfriamiento ya en esta el compost se estabiliza y pierde humedad (Diaz & de Janon, 2010).

**Aireación:** Debido a que el proceso de compostaje es aerobio el oxígeno es un factor fundamental a controlar. La proporción de oxígeno varía de acuerdo a la etapa de descomposición, la fase termofílica es aquella que consume la mayor cantidad de oxígeno. El rango ideal de oxígeno es del 5-10%, si esta disminuye del 5% se dificulta la evaporación de agua y como consecuencia se produce humedad excesiva y anaerobiosis; el exceso de compuestos como el ácido acético y ácido sulfhídrico produce malos olores y acidez; al tener un exceso de aire la temperatura disminuye y se producen pérdidas de humedad las cuales provocan una deshidratación de los microorganismos (en sus células); ciertos microorganismos producen esporas los cuales detienen la actividad enzimática que se encarga de degradar los compuestos (López, 2017).

En la etapa de maduración se debe evitar aportes adicionales de oxígeno ya que el exceso de este puede provocar el gasto de los compuestos húmicos previamente elaborados y una mineralización acelerada de estos (Bueno, Díaz, & Cabrera, 2017).

**Volteo:** En sistemas de compostaje con flujo natural del aire el ingreso del mismo es inadecuado por lo cual las regiones centrales inferiores de la pila no tienen suficiente oxígeno; para que el aire alcance estas áreas se requiere volteo del material el cual aporta humedad extra a la pila y produce una descomposición homogénea del sustrato. En el volteo se mezcla el material exterior e interior de la pila colocando las capas superiores y de sus alrededores en la parte inferior y central del compost, mientras que las que estaban abajo y en el centro deben ser colocadas en la parte superior y alrededores de la pila. (Toro, 2014).

**Temperatura:** Este parámetro es un “indicativo de la evolución del proceso de compostaje” (Tovar, 2013), debido a que el gradiente de temperatura establece la fase de descomposición en la que se encuentra. Al iniciar el proceso se tiene una temperatura ambiente; posteriormente esta asciende ubicándose en un rango de 45-60°C. En la fase de enfriamiento la temperatura se ubica entre 45°C y la temperatura ambiente finalmente cuando se encuentra maduro alcanza la temperatura ambiente. A temperaturas menores a 35°C existe humedad insuficiente reduciendo la actividad metabólica. La temperatura también disminuye debido al material insuficiente, forma inadecuada de la pila, falta de nitrógeno o baja relación C/N para la producción de proteínas y enzimas. A altas temperaturas ( $T > 70^{\circ}\text{C}$ ) “se mantiene actividad microbiana pero no la suficiente para activar a los microorganismos mesofílicos y facilitar la terminación del proceso” (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

**pH:** Este parámetro oscila dependiendo de la etapa del proceso y el sustrato utilizado; influye en la actividad microbiana y cuando el compost alcanza su madurez el pH es neutro. El rango ideal se encuentra entre 4.5-8.5, con un pH menor a 4.5 se tiene un medio ácido por la presencia de ácidos orgánicos, producto de residuos frutas o cocina, mientras que con un pH mayor a 8.5 existe un exceso de nitrógeno lo cual produciría amoníaco que alcaliniza el medio (López, 2017).

**Materia orgánica:** Se denomina materia orgánica a “cualquier tipo de material de origen animal o vegetal que regresa al suelo después de un proceso de descomposición en el que participan microorganismos. Puede ser hojas, raíces muertas, exudados, estiércoles, orín, plumas, pelo, huesos, animales muertos, productos de microorganismos, como bacterias, hongos, nematodos que aportan al suelo sustancias orgánicas o sus propias células al morir” (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

En el transcurso del proceso de compostaje existe un descenso de materia orgánica debido a su mineralización en la cual existe pérdidas de carbono como anhídrido carbónico, dicho descenso transcurre en dos etapas; en la primera los

carbohidratos disminuyen rápidamente transformando las cadenas carbonadas largas en unas más cortas produciendo compuestos simples de los cuales algunos se agrupan nuevamente formando compuestos húmicos. Luego de consumirse los compuestos lábiles se lleva a cabo la segunda etapa en la cual se degradan lentamente o transforman en compuestos húmicos, compuestos más resistentes como es el caso de las ligninas. (Bueno, Díaz, & Cabrera, 2017)

El rango óptimo de contenido de materia orgánica en un compost comercialmente aceptable debe estar entre 25% y 59 %. (Clavijo, 2014)

Como medida de la biodegradación de la parte orgánica se tiene el contenido de sólidos volátiles (SV), determinados a 550°C, temperatura a la cual todos los componentes orgánicos se incineran. Sin embargo existen algunos constituyentes orgánicos poco biodegradables pero altamente volátiles (papel periódico, cartón, algunos recortes de plantas) para los cuales el método de sólidos volátiles no resulta muy adecuado. Una alternativa para dichos constituyentes es el método de contenido de lignina de un residuo, con el cual se puede estimar la biodegradabilidad mediante la relación descrita en la figura 2.6.

### **FIGURA 2.6 ECUACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD**

$$BF = 0,83 - 0,028 LC$$

Fuente: Tchobanoglous, 1994

En la ecuación:

“BF= fracción biodegradable expresada en base a los sólidos volátiles (SV)

0,83= constante empírica

0,028= constante empírica

LC= contenido de lignina de los SV expresado como un porcentaje en peso seco” (Tchobanoglous, 1994).

Los residuos orgánicos con alto contenido de lignina como por ejemplo el papel periódico poseen menor biodegradabilidad que otros residuos orgánicos como restos de frutas, vegetales y otros. (Tchobanoglous, 1994)

**Densidad aparente:** “Es la relación entre el peso del material y el volumen” (Gordillo & Chávez, 2011). Esta relación es un indicador del tamaño de partícula. En el proceso la densidad aparente aumenta mientras que el tamaño de partículas disminuye por descomposición, volteo y tamizado. La densidad aparente depende de la humedad, “contenido de materia orgánica y su grado de descomposición” (Gordillo & Chávez, 2011).

La densidad aparente indica el contenido de poros y su importancia en el manejo del proceso de compostaje radica en que este parámetro determina la facilidad de circulación de agua, aire y compactación. (Gabriels & Lobo, 2006)

**Población microbiana:** El proceso de compostaje se efectúa con una gran variedad de poblaciones de bacterias o denominados también descomponedores dentro de los cuales se encuentran grupos como: hongos, actinomicetos, protozoos, microorganismos eficientes autóctonos y bacterias no fotosintéticas. (Alfonso, 2010)

**Calidad microbiológica:** La aplicación de compost en el suelo disminuye la incidencia de enfermedades en las plantas, a pesar de ello hay que evaluar la calidad microbiológica del compost para comprobar que este se encuentra libre de microorganismos patógenos. El uso del compost puede representar un riesgo de contaminación por patógenos si la fase termófila no se desarrolla adecuadamente en especial cuando este se elabora con materiales derivados de animales, residuos de alimentos y vegetales, donde antes de ser sometidos al proceso de compostaje pudieron haberse reproducido microorganismos patógenos por lo tanto el principal requerimiento para aplicar un compost es que sea libre de compuestos fitotóxicos y patógenos de animales y vegetales. (Robles, Leyva, Zapien, & Colomer, 2010)

Se presentan en la tabla 2.3. los parámetros necesarios para que se realice un óptimo proceso de compostaje

**TABLA 2.3 PARÁMETROS DEL COMPOSTAJE**

Parámetro	Rango ideal al inicio (2-5 días)	Rango ideal para compost en fase termofílica II (2-5 semanas)	Rango ideal de compost maduro (3-6 meses)
<b>C/N</b>	25:1 – 35:1	15/20	10:1 – 15:1
<b>Porcentaje de humedad</b>	50% - 60%	45%-55%	30% - 40%
<b>Oxígeno</b>	~10%	~10%	~10%
<b>Tamaño de partícula</b>	<25 cm	~15 cm	<1,6 cm
<b>pH</b>	6,5 – 8,0	6,0-8,5	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>	
<b>Materia orgánica</b>	50%-70%	>20%	>20%
<b>Nitrógeno Total</b>	2,5-3%	1-2%	~1%

Fuente: Román, Martínez, & Pantoja, 2013  
Elaboración: Défaz, G.; Gualoto, H., 2019

## 2.5. PROPIEDADES DEL COMPOST EN EL SUELO

El compost es una fuente de recursos minerales además de ser un material completo desde el punto de vista agronómico. Es reconocido como una enmienda orgánica de suelos porque mejora su estructura y suministrador de nutrientes (fertilizante). La aplicación de compost no debe ser entendido como algo exclusivo al mejoramiento de la calidad y características del suelo, sino debe estar relacionado a solucionar la problemática del suelo y los cultivos donde se va a aplicar.

### 2.5.1 PROPIEDADES FÍSICAS

- Aumenta la capacidad de retención hídrica ya que las sustancias húmicas tienen la capacidad de retener grandes cantidades de agua debido a sus características coloidales, su porosidad y a formar enlaces de hidrógeno con el agua, que después queda a disposición de las plantas.



- Al ser el compost de un tono oscuro produce un aumento en la temperatura del suelo debido a su capacidad de retención de calor. (Toro, 2014)
- Aumenta el drenaje interno debido a que aumenta el espacio poroso permitiendo la infiltración de agua y aire. (Toro, 2014)
- Evita el endurecimiento superficial del suelo después de fuertes lluvias debido a la actividad de microorganismos que mantienen el suelo con una consistencia de terrones sueltos. (Toro, 2014)

### **2.5.2 PROPIEDADES QUÍMICAS**

- Aumenta la capacidad de adsorción de nutrientes, debido a su porosidad, para luego liberarlos progresivamente en forma equilibrada y prolongada. (Toro, 2014)
- Aumenta la fertilidad del suelo ya que se tiene una relación directa entre el suelo fértil y la cantidad de materia orgánica, la cual es muy importante para mantener el equilibrio ecológico de los ecosistemas terrestres.
- Ayuda a mantener el pH estable ya que la mayoría de las plantas necesitan un pH entre 5.5 y 7 para su crecimiento.
- Mejora la capacidad de intercambio catiónico (CIC) ya que el compost posee sustancias húmicas que poseen aniones (carga negativa) y absorben nutrientes que poseen cationes (carga positiva) del suelo. Estos aniones ligados con un metal o nutriente del suelo son absorbibles por la planta. (Fernández et al., 2008)
- Incorpora micronutrientes al suelo.

### **2.5.3 PROPIEDADES BIOLÓGICAS**

- Suministra nutrientes para el desarrollo y actividad de organismos como bacterias y hongos quienes producen ácidos que disuelven nutrientes y los ponen a disposición de las plantas. (Toro, 2014)
- Incrementa la cantidad de microorganismos presentes en el suelo, debido a que el compost aumenta la temperatura y favorece su desarrollo. (Toro, 2014)

- Incrementa la actividad biótica, lo que hace que disminuya el desarrollo de organismos dañinos. (Toro, 2014)

## 2.6. ACTIVADORES BIOLÓGICOS

Los activadores biológicos son aditivos que contienen microorganismos, enzimas, plantas medicinales y nutrientes utilizados para acelerar el proceso de degradación y por consiguiente el tiempo de compostaje (Martínez, García, Sánchez, & Vargas, 2014).

Según Toro (2014) existen dos tipos de activadores biológicos denominados locales y convencionales.

**Activadores biológicos locales (ABL):** Son sustancias elaboradas a partir de materia orgánica vegetal del cual se obtienen extractos fermentados; poseen un alto contenido proteico que aporta microorganismos eficientes autóctonos para el proceso de compostaje, estos organismos incentivan a los microorganismos contenidos en el material de partida responsables del proceso de descomposición y obtención del compost.

**Activadores biológicos convencionales (ABC):** Son sustancias producto del procesamiento de la leche (yogurt, suero) y de la separación de microorganismos de la levadura, que contribuyen a la obtención del compost.

### 2.6.1 TIPOS DE ACTIVADORES BIOLÓGICOS

Los activadores biológicos locales y convencionales están divididos en grandes grupos funcionales de acuerdo a los microorganismos que este contenga como: “grupo ácido láctico, bacterias fotosintéticas, grupo de las levaduras, grupo de los actinomicetos y hongos” (Luna & Mesa, 2016).

#### 2.6.1.1 EMAs

Los microorganismos eficientes autóctonos (EMAs) son un cultivo mixto de microorganismos naturales con propiedades benéficas que se encuentran en

ecosistemas naturales, sin ser manipulados genéticamente y siendo compatibles entre sí en cuanto a sus aspectos fisiológicos. Los EMAs cultivados en ecosistemas naturales magnifica la eficacia individual de cada organismo ya que todos trabajan en conjunto. (Luna & Mesa, 2016)

#### **2.6.1.2 Suero de leche**

El suero de leche es el resultado de la elaboración de queso específicamente de la disociación del coágulo de la leche, a través de la actividad ácida o de enzimas (renina, enzima digestiva de los rumiantes) que separan el sistema coloidal de la leche en dos fases: 1) “Una fracción sólida, compuesta principalmente por proteínas insolubles y lípidos, las cuales en su proceso de precipitación arrastran y atrapan minoritariamente algunos de los constituyentes hidrosolubles. 2) Una fracción líquida, correspondiente al lactosuero en cuyo interior se encuentran suspendidos todos los otros componentes nutricionales que no fueron integrados a la coagulación de la caseína” (Poveda, 2013).

Dentro del suero de leche las especies de microorganismos incluyen bacterias del ácido láctico como *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum*, *Streptococcus lactics*, el ácido láctico es un producto esterilizante, que elimina microorganismos dañinos descompone compuestos como la celulosa y la lignina, fermentándolos. “El uso de bacterias ácido lácticas reduce las poblaciones de nemátodos, controla la propagación, dispersión de *Fusarium*; gracias a ello, induce un mejor ambiente para el crecimiento de los cultivos” (Luna & Mesa, 2016).

#### **2.6.1.3 Fermento de alfalfa**

Las características más importantes de la alfalfa en comparación con otros forrajes son su alto contenido de nitrógeno total en forma de proteínas y aminos que se ubican principalmente en sus hojas, “proporciona elevados niveles de proteínas, minerales y vitaminas de calidad. Su valor energético también es muy alto estando relacionado con el valor nitrogenado del forraje. Además es una fuente de minerales como: calcio, fósforo, potasio, magnesio, azufre, etc.” (Toro, 2014).

El fermento de alfalfa contiene “bacterias autótrofas (*Rhodospseudomonas* spp.) que sintetizan sustancias útiles a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos, usando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía” (Luna & Mesa, 2016).

## **CAPÍTULO 3**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ASOCRUZLOMA**

Para caracterizar los residuos en ASOCRUZLOMA se consideraron las actividades de mayor generación de residuos dando como resultado los residuos agrícolas, ganaderos y los domiciliarios, entre los que se incluyen los provenientes de las actividades turísticas ya que al poseer una buena organización los miembros de la asociación recogen los residuos producto de las ventas y los transportan a sus domicilios para su posterior gestión.

Es fundamental saber la cantidad y composición de los residuos sólidos generados en ASOCRUZLOMA, ya que constituye la información base para la realización de las pilas de compostaje del trabajo. Para los residuos domiciliarios se determina y caracteriza una muestra representativa de las viviendas, se recolectan muestras de los residuos y con ellas se determina la generación per cápita y composición física. Para la caracterización de residuos sólidos domiciliarios se siguió la metodología presentada en la Guía de caracterización de residuos sólidos de la OPS. (OPS, 2010)

En el caso de los residuos agrícolas y ganaderos se aplicó una metodología derivada de la Guía mencionada, donde se utiliza el mismo tamaño de muestra de los residuos domiciliarios. Se recolectaron los residuos agrícolas y ganaderos diariamente y se los almacenó en los domicilios de los miembros de ASOCRUZLOMA para ser entregados al finalizar los 8 días de muestreo y no diariamente, con la finalidad de evitar problemas como lixiviados, vectores, carencia de espacio físico y malos olores en el lugar que se realizó la caracterización. Finalmente, con los residuos agrícolas y ganaderos recolectados, se determinó su tasa de generación total diaria.

### 3.1.1 DEFINICIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA REPRESENTATIVA

Para los residuos domiciliarios se requiere conocer el tamaño de muestra, para lo que se utilizó la expresión de la ecuación (Ec.1) obtenida de la OPS (2010).

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot P \cdot Q}{(N - 1) \cdot \varepsilon^2 + Z^2 \cdot P \cdot Q} \quad (\text{Ec. 3.1})$$

Donde:

$n$  = Tamaño de la muestra

$N$  = Número de viviendas (Universo)

$Z$  = Desvío normal correspondiente al nivel de confianza

$\varepsilon$  = Error relativo de muestreo

$P$  = Probabilidad de aceptación a mejoras en el diseño

$Q$  = Probabilidad de rechazo a mejoras en el diseño

### 3.1.2 PROCEDIMIENTO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ASOCRUZLOMA

Ya definido el tamaño de la muestra se llevó a cabo el siguiente procedimiento para los residuos domiciliarios:

- Se capacitó a los miembros de la asociación ASOCRUZLOMA sobre el trabajo a desarrollar, la clasificación y el tipo de residuos a recolectar, la duración del muestreo, la hora y el lugar de acopio de los mismos.
- Se identificaron las viviendas participantes en el muestreo.
- Se realizó la entrega de dos bolsas vacías, previamente rotuladas de color azul para los residuos orgánicos biodegradables y de color negro para los residuos inorgánicos a cada uno de los propietarios de las viviendas.
- La recolección de residuos se realizó diariamente en las primeras horas del día (8 a 10 de la mañana) durante 8 días.
- Finalmente, se transportó las bolsas con residuos orgánicos biodegradables e inorgánicos recolectados al lugar donde se caracterizó.

Para la caracterización de los residuos agrícolas y ganaderos, se recolectaron durante 8 días, almacenándolos en sus propias viviendas y se les solicitó a los

miembros de la ASOCRUZLOMA la entrega de estos al finalizar el muestreo, para evitar malos olores, lixiviados, carencia de espacio físico y vectores.

### **3.1.3 DETERMINACIÓN DE LA GENERACIÓN PER CÁPITA Y LA GENERACIÓN TOTAL DIARIA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS**

Para determinar tanto la generación total diaria y la generación per cápita de los residuos domiciliarios generados, se usó la totalidad de residuos recolectados por cada día de muestreo.

En el lugar de recolección, se pesaron las bolsas de residuos orgánicos biodegradables (azules) y las bolsas de residuos inorgánicos (negras) durante el día de muestreo, para obtener el peso total diario de residuos ( $W_t$ ). Se repitió el procedimiento para todos los días de la caracterización (en el muestreo del primer día, se eliminó lo recolectado y no se consideró sus datos en el análisis).

Se definió el número total de personas participantes del muestreo ( $N_t$ ) de acuerdo al número de personas por vivienda. El total de personas participantes se obtuvo en una reunión de la asociación ASOCRUZLOMA donde se firmó una lista con los nombres de los miembros, habitantes por casa y se les asignó un número de casa a cada miembro. La lista de los miembros se presenta en el Anexo 1.

Finalmente, para el cálculo de la generación per cápita diaria (kg/hab/día) se dividió el peso total de las bolsas ( $W_t$ ) para el número total de personas ( $N_t$ ). La relación se presenta en la ecuación 3.2.

$$\text{Generación per cápita diaria de residuos (gpc)} = \frac{\text{Peso total de residuos } (W_t)}{\text{Número total de personas } (N_t)} \left( \frac{\text{kg}}{\text{hab} * \text{día}} \right) \quad (\text{Ec. 3.2})$$

Para obtener la generación total diaria se debe multiplicar el número de habitantes por la generación per cápita (ecuación 3.3).

$$\text{Generación total diaria de residuos} = gpc * Nt \quad (\text{Ec. 3.3})$$

donde:

*gtd*: generación total diaria (kg/día)

*gpc*: generación per cápita diaria (kg/ hab\*día)

*Nt*: número total de personas (habitantes)

### 3.1.4 DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS

- Para calcular la composición física se utilizó la muestra de los residuos orgánicos biodegradables e inorgánicos recolectados en un día y se los colocó en una zona pavimentada o sobre un plástico grande.
- Se formaron 2 pilas, uno para cada tipo de residuo (orgánico biodegradable e inorgánico) rompiendo las bolsas y vertiendo el residuo correspondiente.
- Posteriormente se clasificaron los residuos en los siguientes componentes: Orgánicos biodegradables, Papel y cartón, metales, plásticos, vidrios y otros (caucho, cuero, tierra).
- Una vez concluida la clasificación se pesó cada uno de los componentes.
- Finalmente, con los datos del peso total por día ( $W_t$ ) y el peso de cada componente ( $P_i$ ) se calculó el porcentaje de cada componente (ver Ec. 3.4)

$$\text{Porcentaje (\%)} = \frac{P_i}{W_t} \cdot 100 \quad (\text{Ec. 3.4})$$

donde:

$P_i$ : peso de cada componente (kg)

$W_t$ : peso total por día(kg)

### 3.1.5 DETERMINACIÓN DE LA TASA DE GENERACIÓN Y GENERACIÓN TOTAL DIARIA DE RESIDUOS AGRÍCOLAS Y GANADEROS

Los residuos sólidos procedentes de actividades agrícolas y ganaderos se expresan en términos de alguna medida de producción como por ejemplo kg de estiércol/peso de res\*día.



Como resultado de las actividades agrícolas y ganaderas de la comunidad se tienen como residuos el estiércol de ganado y los residuos de cosecha, para los cuales se presentan las siguientes tasas de generación: el estiércol de ganado (bovino, porcino, ovino, etc) se expresa en kg/cabeza\*día mientras que los residuos de cosechas de campo se expresan en tonelada/ha\*año. (Tchobanoglous, 1994)

Para obtener la generación total diaria de los residuos agrícolas y ganaderos se multiplican las tasas de generación por el número de cabezas de ganado o hectáreas correspondientes.

### **3.1.6 DETERMINACIÓN DE LA GENERACIÓN TOTAL DIARIA DE RESIDUOS EN ASOCRUZLOMA**

La generación total de residuos se obtiene sumando todos los residuos generados diariamente de las diversas actividades en ASOCRUZLOMA como se indica en la ecuación 5.5.

$$\text{Generación total (GT)} = R \text{ cosecha} + \text{estiércol (v y c)} + \text{estiércol (cu y c)} (kg) + R \text{ domiciliarios} \quad (\text{Ec. 3.5})$$

donde:

*R cosecha*: Residuos de cosecha (kg/día)

*v y c* : Vaca y caballo (kg/día)

*cu y c*: Cuy y conejo (kg/día)

*R domiciliarios*: Residuos domiciliarios biodegradables (kg/día)

### **3.2. OBTENCIÓN DE LOS ACTIVADORES BIOLÓGICOS**

Para obtener los activadores biológicos se utilizaron procedimientos diferentes dependiendo del tipo del activador. En el caso de los EMAs se siguió la metodología desarrollada por Guasco & Jaramillo (2015), que involucra las técnicas de siembra y cosecha de microorganismos. Mientras que para los activadores fermento de alfalfa y suero de leche se aplicó la metodología desarrollada por Toro (2014), donde para el fermento de alfalfa se realiza corte y molienda y en caso del suero de leche no se realiza ningún procedimiento. A continuación, se describen las metodologías.

### 3.2.1 TÉCNICAS DE SIEMBRA Y COSECHA DE EMAs

#### 3.2.2.1. Selección del lugar de siembra de microorganismos

Se seleccionó un lugar con pasto y vegetación natural que se encuentra a 500 m hacia el norte del sitio experimental. El sitio de siembra de microorganismos se encuentra a 3700 m.s.n.m. y alejado de la comunidad, con una pendiente pronunciada, por lo que no existe ningún tipo de sembríos como se puede apreciar en la figura 3.1. Tampoco está expuesto al paso de animales como perros, vacas, caballos y otros animales.

**FIGURA 3.1 LUGAR DE SIEMBRA**



#### 3.2.2.2. Siembra de los microorganismos eficientes autóctonos

Luego de seleccionar el lugar de siembra, se procedió a cocinar 2 kg de arroz sin sal para mezclarlo con 2 litros de melaza y 2 kg de harina de trigo integral no refinada. La harina debe ser de trigo integral, u otros, con alto contenido de proteína. La mezcla se colocó en tarrinas plásticas cubriéndolas con una media nylon y asegurándolas con ligas de hule (Figura 3.2 a).

Posteriormente se realizaron los orificios en el suelo a una profundidad de 20 cm para enterrar las tarrinas y cubrirlas con restos de hojarasca (Figura 3.2 b).

**FIGURA 3.2 SIEMBRA DE MICROORGANISMOS**

a) Microorganismos

b) Lugar de siembra

### 3.2.2.3. Cosecha de los microorganismos eficientes autóctonos

Transcurrido 30 días se acudió al lugar de la siembra para extraer las tarrinas (Figura 3.3 a), se retiró el nylon y se pudo observar varios colores presentes en la mezcla, lo cual indica la presencia de microorganismos (Figura 3.3 b), listos para la cosecha.

**FIGURA 3.3 COSECHA DE EMAs**

a) Cosecha

b) Microorganismos

### 3.2.2 SUERO DE LECHE

El suero de leche fue proporcionado por los habitantes de la comunidad que elaboran quesos para su consumo, y en ciertos casos venden. Adicionalmente la comunidad proporciona este suero como alimento a ciertos animales. Se obtuvo una caneca de 20 litros de suero, del cual se utilizó 9 litros como activador biológico.

### 3.2.3 FERMENTO DE ALFALFA

En la elaboración del fermento de alfalfa se utilizó 10 kg de alfalfa fresca incluyendo tallos y hojas a los cuales se los cortó (Figura 3.4 a) para facilitar el

proceso de molienda. Una vez molido (Figura 3.4 b) se lo mezcló en un tanque pequeño con 20 litros de agua y se lo colocó en un lugar oscuro y aireado (Figura 3.4 c). Se agitó esta mezcla 2 veces por semana, durante 25 días para su fermentación.

**FIGURA 3.4 ELABORACIÓN DEL FERMENTO DE ALFALFA**



a) Corte

b) Molienda

c) Fermento

### **3.3. PREPARACIÓN DE LOS ACTIVADORES BIOLÓGICOS**

Para poder utilizar los tres activadores biológicos se elaboró una solución madre la cual posee composiciones concentradas de nutrientes. Para su preparación se requieren diferentes materiales y procedimientos dependiendo del activador. La elaboración de las soluciones madre de los tres activadores se describen a continuación.

#### **3.3.1 SOLUCIÓN MADRE DE LOS EMAS**

Una vez cosechados los microorganismos, se procedió a colocarlos en un tanque para mezclarlos (Figura 3.5 a) con 7 litros de melaza, 7 kg de harina de trigo integral en 20 litros de agua no tratada (en reposo o lluvia), ya que el agua tratada contiene cloro que puede afectar a los microorganismos. A esta mezcla se la conoce como solución madre, luego se selló el tanque con un plástico y se realizó un orificio para colocar una manguera que facilite la salida de gases (Figura 3.5 b). El período de digestión para los EMAs fue de 30 días.

**FIGURA 3.5 SOLUCIÓN MADRE EMAs**

a) Preparación

b) Solución

### **3.3.2 SOLUCIÓN MADRE DEL SUERO DE LECHE**

La solución madre del suero de leche es el resultado de la elaboración del queso sin realizar ninguna dilución, ni alteración, ni tratamiento previo. El suero de leche no requiere de un tiempo de digestión ya que puede ser usado directamente.

### **3.3.3 SOLUCIÓN MADRE DEL FERMENTO DE ALFALFA**

Para la preparación de la solución madre del fermento de alfalfa se extrajo la parte líquida colocando la mezcla de agua y alfalfa en una media nylon para ser exprimida y separar la parte sólida de la parte líquida.

## **3.4. ELABORACIÓN DE LAS PILAS DE COMPOSTAJE**

### **3.4.1. MEDICIÓN, LIMPIEZA Y DIVISIÓN DEL TERRENO PARA UBICACIÓN DE LAS PILAS**

El área experimental fue proporcionada por la comunidad, el espacio cuenta con un área de 120 m<sup>2</sup> de los cuales se ocuparon 98 m<sup>2</sup> para la conformación de las pilas. El espacio otorgado requería limpieza y nivelación ya que era un área baldía (Figura 3.6 a).

En el área experimental se construyó una estructura a base de madera y plástico para evitar la precipitación ya que uno de los parámetros de monitoreo es la humedad. Adicionalmente se construyó una cerca alrededor de la estructura para evitar el ingreso de animales domésticos (Figura 3.6 b).



Para evitar la filtración de los nutrientes en el suelo se armó las pilas sobre un plástico (Figura 3.6 c), en el cual se midió y dibujó el área de cada pila y la separación para el respectivo volteo.

**FIGURA 3.6 PREPARACIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL**



a) Limpieza                      b) Estructura de madera      c) Colocación de plástico

### 3.4.2. DISTRIBUCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS PILAS DE COMPOSTAJE

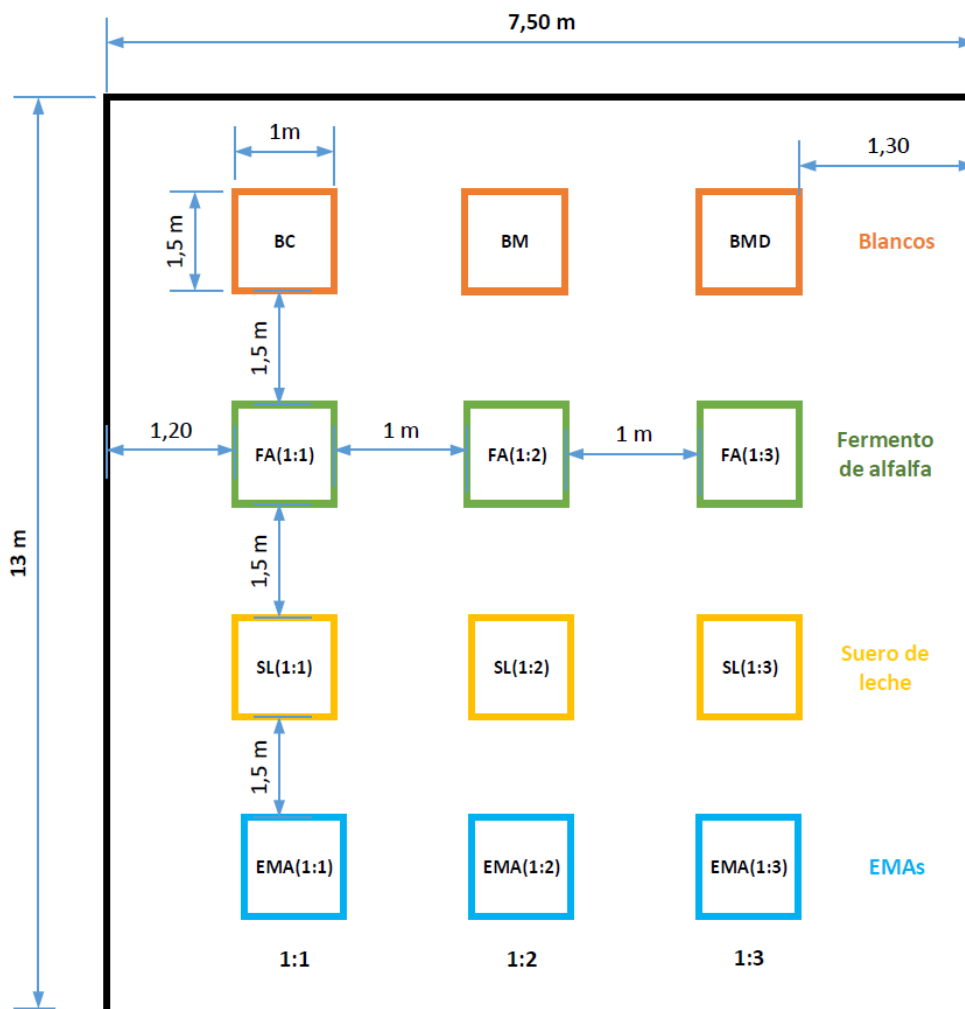
La distribución utilizada en este trabajo fue de Bloques Completamente al Azar de 3 activadores biológicos con 3 concentraciones diferentes (1 activador biológico con 1 concentración por pila), 1 blanco de la comunidad y 2 blancos del método, dando como resultado 12 tratamientos en total los cuales se muestran en la figura 3.7.

La descripción de cada pila de compostaje se muestra a continuación (ver figura 3.7).

- BC = Blanco de la comunidad (método de compostaje realizado en la comunidad)
- BM = Blanco del método bibliográfico
- BMD = Duplicado del blanco del método bibliográfico
- FA = Solución madre fermento de la alfalfa
- SL = Solución madre suero de leche
- EMA = Solución madre EMAs
- (1:1) = Solución concentrada relación 1:1
- (1:2) = Solución bibliográfica relación 1:2
- (1:3) = Solución diluida relación 1:3

- FA (1:1) = Fermento de alfalfa solución concentrada 4L fermento: 4L de agua
- FA (1:2) = Fermento de alfalfa solución bibliográfica 3L fermento: 6L de agua
- FA (1:3) = Fermento de alfalfa solución diluida 2L fermento: 6L de agua
- SL (1:1) = Suero de leche solución concentrada 4L suero: 4L de agua
- SL (1:2) = Suero de leche solución bibliográfica 3L suero: 6L de agua
- SL (1:3) = Suero de leche solución diluida 2L suero: 6L de agua
- EMA (1:1) = EMAs solución concentrada 10L EMAs: 10L de agua
- EMA (1:2) = EMAs solución bibliográfica 5L EMAs: 10L de agua
- EMA (1:3) = EMAs solución diluida 5L EMAs: 15L de agua

**FIGURA 3.7 DISTRIBUCIÓN DE LAS PILAS DE COMPOSTAJE**



Elaboración: Défaz, G.; Gualoto, H., 2019

El diseño de la figura 3.7. asigna de manera aleatoria, los tratamientos, a un conjunto de unidades experimentales. Su aplicación es óptima dado que todo el material experimental es homogéneo y las fuentes de varianza son los efectos y concentraciones atribuidos a los tratamientos (Guasco & Jaramillo, 2015).

### **3.4.3. ARMADO DE LA PILA DE COMPOSTAJE**

Para determinar las dimensiones de la pila se siguió la metodología descrita en el Manual de Compostaje del Agricultor. (Román, Martínez, & Pantoja, 2013)

La pila consta de las siguientes dimensiones 1.5 m de largo; 1 m de ancho y 70 cm de alto.

Previo al armado de la pila se realizó el pesaje de la materia orgánica gruesa de la actividad agrícola, materia orgánica domiciliaria, estiércol de cuy, conejo, vaca y caballo y ceniza con la finalidad de distribuirlos equitativamente en todas las pilas. Adicionalmente se trituró la materia orgánica domiciliaria para reducir su tamaño de partícula y facilitar su descomposición.

Cada pila consta de 5 capas con los siguientes componentes en porcentaje (% peso/peso): 61% de materia orgánica gruesa (restos de cosecha, hierbas, hojas, etc.), 21% de estiércol de cuy y conejo, 10% de estiércol de vaca y caballo , 6% de materia orgánica y 1% de ceniza producto de la quema de leña.

Se incorporaron ocho litros del activador biológico en diferente concentración por cada pila de acuerdo a la distribución establecida en el numeral 3.4.2. Los 8 litros fueron distribuidos en 2 litros por cada capa de materia orgánica de la pila (4 capas) y se esparció una capa de ceniza sobre las capas de estiércol para corregir la acidez y como fuente de microelementos para el proceso.

Para el armado de la pila se realizó el siguiente procedimiento (ver figura 3.8).

1. Se dispuso inicialmente una capa de 50 cm de materia gruesa de la actividad agrícola, ya que se dispone de este componente en mayor proporción y debido a su poco contenido de humedad, proporciona



- estabilidad a la pila absorbiendo la humedad del resto de los componentes, evitando lixiviados.
2. Luego de la primera capa se regó los 2 primeros litros del activador uniformemente.
  3. Posteriormente, se ubicó otra capa de 10 cm de estiércol de cuy y conejo, sobre la cual se regó 2 litros adicionales de activador biológico y sobre esta se esparció una fina capa de ceniza.
  4. Se colocó la capa de 3 cm de materia orgánica domiciliaria, junto con otros 2 litros de activador.
  5. Finalmente, se colocó la última capa de 7 cm de estiércol de vaca y caballo con los 2 últimos litros de activador biológico de los 8 litros disponibles y una fina capa de ceniza sobre la misma.

**FIGURA 3.8 ELABORACIÓN DE LAS PILAS**



a) Armado

b) Pilas de compostaje

### **3.5. MANEJO DE LAS PILAS DE COMPOSTAJE**

Para conseguir el compost de mejor calidad y en un tiempo óptimo, se requiere de un buen manejo de las pilas de compostaje, lo que implica aireación adecuada, mediante volteos frecuentes y aportes de humedad a través de riegos oportunos. El volteo y riego fueron realizados una vez por semana en el transcurso del proceso.

### 3.5.1. VOLTEO DE LA PILA DE COMPOSTAJE

Transcurrido 15 días a partir del armado de la pila, se realizó el primer volteo. Luego se realizó el volteo una vez por semana. El volteo se desarrolló de la siguiente manera: la parte superior se colocó en la parte inferior y viceversa, adicionalmente los terrones grandes de la pila se desmenuzaron con pala para ayudar a la descomposición (ver figura 3.9).

**FIGURA 3.9 VOLTEO DE LA PILA**



### 3.5.2. RIEGO DE LA PILA DE COMPOSTAJE

El riego de la pila se realizó en conjunto con el volteo, agregando 30 litros de agua en cada tercio de la pila durante todo el proceso de compostaje, la frecuencia del riego se realizó en función al método del puño (ver figura 3.10).

**FIGURA 3.10 RIEGO DE LA PILA**



### 3.6. MONITOREO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE EN CAMPO

Para monitorear el proceso de compostaje, es necesario determinar los indicadores temperatura y humedad en campo, ya que dichos parámetros establecen la cantidad de agua y frecuencia de volteo requerida.

### **3.6.1. TEMPERATURA**

La medición de temperatura se realizó 2 veces por semana, en el transcurso del proceso, empleando un termómetro de alcohol de rango de medición de -20°C a +150°C y 30 cm de largo. La medición de temperatura se realizó en la zona central de la pila (40 cm) dejándolo estabilizar durante 5 min y registrando los valores obtenidos. (López A. , 2017)

### **3.6.2. HUMEDAD**

La medición de humedad se realizó 2 veces por semana. Para realizar la medición de humedad en campo, se utilizó el método del puño que consiste en tomar del centro de la pila una muestra y exprimirla. Si se forma una masa compacta, la humedad es la correcta; si se desprenden gotas de agua, la humedad es excesiva y en caso de que la masa no llegue a compactarse la humedad es insuficiente. (Guasco & Jaramillo, 2015)

## **3.7. MONITOREO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE**

Para determinar los parámetros pH y humedad, se realizó un muestreo, 2 veces a la semana, recolectando una muestra de la pila de compost de 50 gramos. En total se recogieron 12 muestras correspondientes a cada pila, con su respectiva etiqueta, en una funda ziploc y sin aire. Estas muestras se transportaron en un cooler, utilizando ice packs para mantenerlas en condiciones de preservación (4°C) al Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental (LDIA), donde se realizó el monitoreo del proceso de compostaje.

### **3.7.1. pH**

El pH se midió 2 veces por semana con el medidor de pH AccumetAP115, durante el proceso de compostaje. Se preparó una solución del compost en relación 1:5, con 10 gramos de material en 50 ml de agua destilada, con agitado mecánico de la muestra durante 10 minutos y reposo de 10 min, para luego medir el pH del sobrenadante de la solución.

### 3.7.2. HUMEDAD

Para determinar el porcentaje de humedad, se pesó 10 g de la muestra húmeda con una balanza analítica de 150 g de capacidad y 0.0001 g de precisión, se utilizaron crisoles los cuales se taró y etiquetó previamente y se los introdujo en la estufa a 105°C por 24 horas. Transcurridas las 24 horas se pesó nuevamente las muestras y se calculó el porcentaje de humedad con la ecuación 3.6.

$$\% \text{ humedad} = \frac{\text{Peso muestra húmeda} - \text{Peso muestra seca (24h)}}{\text{Peso muestra húmeda}} * 100 \quad (\text{Ec. 3.6})$$

## 3.8. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL COMPOST MADURO

Los parámetros físicos del compost maduro que se determinaron en el Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental, fueron densidad aparente (Da) y humedad, mientras que los parámetros químicos fueron: conductividad eléctrica (CE), , Carbono orgánico (CO), relación Carbono/Nitrógeno (C/N), pH y materia orgánica (MO). El parámetro nitrógeno total (NT) fue determinado en el laboratorio del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), mientras que el análisis microbiológico de coliformes fecales fue realizado en el laboratorio del Centro de Investigación y Control Ambiental (CICAM).

### 3.8.1. DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS UTILIZADOS PARA MEDIR LOS PARÁMETROS NT, RELACIÓN C/N, MO, CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, DENSIDAD APARENTE, CARBONO ORGÁNICO Y COLIFORMES FECALES

#### 3.8.2.1. NITRÓGENO TOTAL (NT)

Este parámetro se lo determinó en el laboratorio del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en la Estación Experimental Santa Catalina del Cantón Mejía, utilizando el método de Nitrógeno Kjeldahl.

### 3.8.2.2. MATERIA ORGÁNICA (MO)

Para determinar la materia orgánica, se pesaron 10 g de la muestra y se los colocó en crisoles previamente establecida la tara para ser llevados a la estufa a 105°C durante 24 h. Transcurridas las 24 h se pesó nuevamente las muestras más el crisol; se las colocó en la mufla a 550°C por 30 min y se determinó el porcentaje de materia orgánica como se muestra en la ecuación 3.7.

$$\% MO = \frac{Peso_{suelo\ seco+crisol\ 105^{\circ}} - Peso_{suelo\ seco+crisol\ 550^{\circ}}}{Peso_{suelo\ seco+crisol\ 105^{\circ}} - Peso_{crisol}} * 100 \quad (Ec. 3.7)$$

### 3.8.2.3. RELACIÓN C/N

La relación C/N se obtuvo al dividir el porcentaje de CO para el % N obtenido; en el caso del carbono orgánico se utilizó la ecuación de Jackson, la cual depende del porcentaje de materia orgánica obtenida y la constante de Jackson cuyo valor es 0.58, dicho valor se obtiene del análisis de varias muestras en el cual, del total de la materia orgánica, el 58% corresponde al carbono. La relación C/N se determinó con la ecuación 3.8.

$$C/N = \frac{MO (\%) * 0.58}{N (\%)} \quad (Ec. 3.8)$$

### 3.8.2.4. DENSIDAD APARENTE (Da)

Para determinar este parámetro se siguió la metodología de la probeta en la cual se pesa inicialmente una probeta vacía de 50 ml a la cual se colocó material compostado hasta los 15 ml y se la golpeó 10 veces sobre una franela. Se observó el volumen ocupado por el compost y se procedió a pesar nuevamente la probeta con el sólido compost.

### 3.8.2.5. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE)

Para determinar la conductividad se elaboró una solución sólido/ líquido 1:5 con 5g de compost en 50 ml de agua, se la agitó con agitación magnética durante 5 minutos y luego de terminada la agitación se la dejó reposar durante 2 h.

Posteriormente se midió la conductividad del sobrenadante utilizando un conductivímetro multiparámetro Oakton CD650.

#### **3.8.2.6. COLIFORMES FECALES**

El análisis de coliformes fecales fue realizado en el laboratorio del Centro de Investigación y Control Ambiental (CICAM), perteneciente a la EPN, utilizando el método diluciones en tubo múltiple (Número Más Probable).

### **3.9. DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE**

Para determinar el rendimiento durante el proceso (expresado en masa obtenida), se aplicó la metodología de Brito (2016) en su estudio "*Obtención de compost a partir de residuos sólidos orgánicos generados en el mercado Mayorista del Cantón Riobamba*" (Brito, y otros, 2016), en la que se calcula el porcentaje de rendimiento, utilizando el peso inicial en el proceso y el peso del compost obtenido de las pilas que hayan alcanzado su madurez, con la finalidad de conocer las pérdidas de material por descomposición microbiana; el de mayor peso será el de mejor rendimiento. (Brito, y otros, 2016)

Para determinar el peso final del proceso se colocó el compost maduro en sacos y se los pesó en una balanza mecánica.

### **3.10. SELECCIÓN DEL ACTIVADOR BIOLÓGICO EFICIENTE**

Para seleccionar el activador biológico más eficiente se consideró el tiempo de maduración del compost, considerando los resultados obtenidos en los parámetros de monitoreo del compostaje mencionados en los numerales 3.6 y 3.7. Adicionalmente, se consideró la calidad del compost resultante a través de los resultados del numeral 3.8 y su cumplimiento en la Norma Chilena NCh2880 de la calidad del compost.

## CAPÍTULO 4

### RESULTADOS Y ANÁLISIS DE DATOS

#### 4.1. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ASOCRUZLOMA

De la caracterización de residuos domiciliarios, agrícolas y ganaderos generados en ASOCRUZLOMA realizada del 1 al 7 de abril del 2019, se obtuvieron los resultados presentados en la tabla 4.1 y tabla 4.2.

**TABLA 4.1 CANTIDAD DE RESIDUOS DOMICILIARIOS**

Día	Peso Orgánicos Biodegradables Bolsa Azul (kg)	Peso Inorgánicos Bolsa Negra (kg)	Total de residuos (kg)
1/4/2019	12,45	1,93	14,38
2/4/2019	13,64	1,36	15
3/4/2019	15,00	2,73	17,73
4/4/2019	10,91	2,95	13,86
5/4/2019	13,64	1,36	15
6/4/2019	20,45	2,73	23,18
7/4/2019	19,09	2,27	21,36
<b>TOTAL PROMEDIO</b>	15,03	2,19	17,22
<b>TOTAL PROMEDIO EN PORCENTAJE</b>	87,28	12,72	100

Elaboración: Défaz, G.; Gualoto, H., 2019

En la tabla 4.1 se observa que la mayor generación de residuos domiciliarios corresponde a los orgánicos biodegradables, con un 87,2% como resultado de la elaboración de sus alimentos (cáscaras de frutas, vegetales, restos de pollo, huesos y otros) mientras que los residuos restantes corresponden a los inorgánicos con un 12,7%. Los porcentajes señalados se deben a las actividades domiciliarias y de ecoturismo realizadas por la asociación. Adicional a esto, existen otros factores como: bajo consumo y accesibilidad a productos alimenticios y productos comerciales, ya que, al poseer sus propios huertos y cultivos, evitan la compra de productos alimenticios y sus envases para conservación y transporte. Además, al encontrarse alejados de los centros

poblados consolidados, no es fácil acceder a productos comerciales e industrializados.

**TABLA 4.2 CANTIDAD DE RESIDUOS AGRÍCOLAS Y GANADEROS**

Días	Residuos de cosecha (Kg/semana)	Estiércol de vaca y caballo (Kg/semana)	Estiércol de cuy y conejo (Kg/semana)
1 al 7 /4/2019	1369,87	259,9	527,7

Elaboración: Défaz, G.; Gualoto, H., 2019

En la tabla 4.2 la mayor cantidad de residuos proviene de las actividades de cosecha en un monto 6 veces mayor que el estiércol de vaca y caballo, y, 3 veces mayor que el estiércol de cuy y conejo. Estos resultados se asocian a actividades de mantenimiento de los huertos orgánicos, a las cosechas y al número de ejemplares de ganado que posee la asociación, con lo que se puede evidenciar que una de las actividades principales a las que se dedica la asociación, es la agricultura.

#### 4.1.1. TAMAÑO DE LA MUESTRA REPRESENTATIVA

Para definir el tamaño de la muestra de los residuos domiciliarios se utiliza la ecuación 3.1 con un error de muestreo máximo permitido de 15% obteniéndose un total de 14 viviendas como se muestra a continuación:

$$n = \frac{20 \cdot 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}{(20 - 1) \cdot 0.15^2 + 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5} = 13.84 \sim 14 \text{ viviendas}$$

Donde:

$n$  = Tamaño de la muestra

$N$  = número total de viviendas ASOCRUZLOMA es 20 viviendas

$t$  = Nivel de confianza (95%) cuyo valor es 1.96

$\varepsilon$  = Error relativo de muestreo 15%

$P$  = Probabilidad de aceptación a mejoras en el diseño

$Q$  = Probabilidad de rechazo a mejoras en el diseño



El tamaño de muestra es función del error permisible y la desviación estándar, al ser la población objeto del proyecto heterogénea. Esta desviación es grande, por lo cual se colocó un error relativo de muestreo del 5%, del cual se obtuvo que el tamaño de la muestra es igual al total de viviendas ASOCRUZLOMA.

$$n = \frac{20 \cdot 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}{(20 - 1) \cdot 0.05^2 + 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5} = 19.06 \sim 20 \text{ viviendas}$$

Por lo tanto, se escogió el tamaño de muestra obtenido con el 5% de error ya que la población analizada es heterogénea debido a la población flotante resultado de las actividades del ecoturismo.

#### **4.1.2. GENERACIÓN PER CÁPITA Y GENERACIÓN TOTAL DIARIA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS**

Utilizando la Ecuación 3.2 se obtuvo la generación per cápita domiciliaria aplicando el total promedio de los residuos de la tabla 4.1 y los 63 miembros de la asociación ASOCRUZLOMA:

$$Gpc_{domiciliaria}: \frac{17.22}{63} = 0.27 \left( \frac{Kg}{hab * día} \right)$$

En el Distrito Metropolitano de Quito la generación per cápita global es de 0.850 Kg/hab\*día, teniendo un valor de 0.879 Kg/hab\*día en zonas urbanas (Castillo, 2012) y 0.45 Kg/hab\*día a nivel rural (OPS/OMS, 2002).

El valor de generación per cápita obtenido por la asociación ASOCRUZLOMA es de 0.27 Kg/hab\*día el cual es 1.6 veces menor al valor bibliográfico indicado por (OPS/OMS, 2002) para una zona rural.

$$\text{Generación total diaria de residuos} = 0.27 \left( \frac{Kg}{hab * día} \right) \cdot 63(hab) = 17.22 \left( \frac{kg}{día} \right)$$

Debido a que ASOCRUZLOMA es una zona agrícola ubicada en un área rural dispersa dedicada a las actividades de ecoturismo, de autoabastecimiento y domiciliarias, se tiene una baja generación de residuos.

La baja generación de residuos en este tipo de zonas está asociado a factores como “número de habitantes, poder adquisitivo, condiciones climáticas, hábitos y costumbres de la población y el nivel de desarrollo y educacional” (Jordán, Veiky, & Plaza, 2017).

#### 4.1.3. COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS

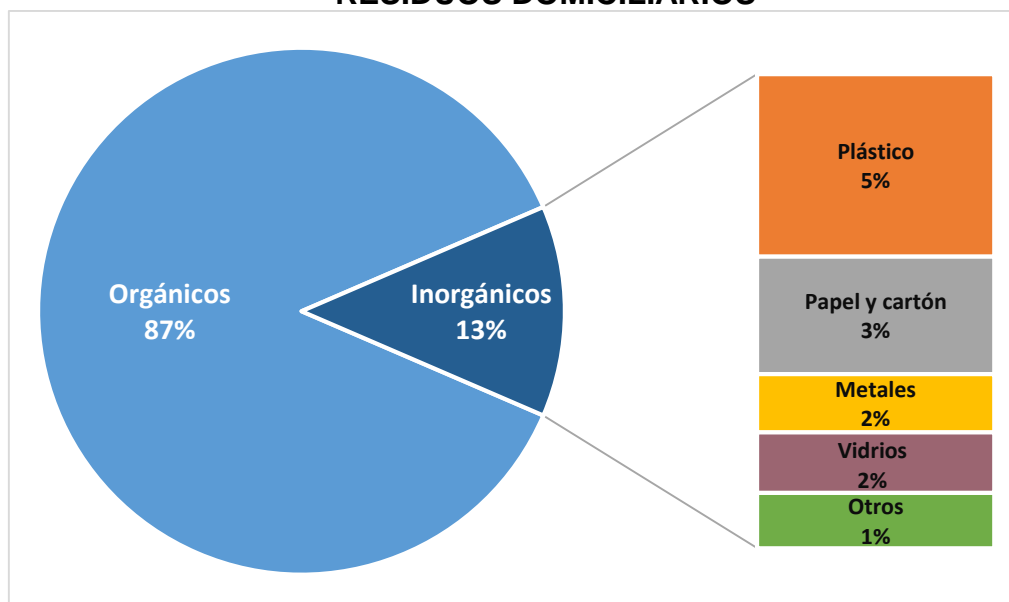
Utilizando la ecuación 3.4 del apartado 3.1.4, se determinó cada componente en porcentaje (ver gráfica 4.1) con los datos de la tabla 4.3, donde el plástico, papel y cartón, metales, vidrio y otros forman parte de los residuos inorgánicos.

**TABLA 4.3 COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS DOMICILIARIOS**

Día	Peso Orgánicos biodegradables (bolsa azul) (kg)	Peso Inorgánicos (bolsa negra) (kg)	Plástico (kg)	Papel y cartón (kg)	Metales (kg)	Vidrios (kg)	Otros (kg)
1/4/2019	12,45	1,93	0,8	0,53	0,1	0,5	0,00
2/4/2019	13,64	1,36	0,45	0,23	0,45	0,00	0,23
3/4/2019	15,00	2,73	1,14	0,91	0,11	0,00	0,57
4/4/2019	10,91	2,95	1,14	0,91	0,45	0,00	0,45
5/4/2019	13,64	1,36	0,45	0,23	0,45	0,00	0,23
6/4/2019	20,45	2,73	1,02	0,45	0,11	1,14	0,00
7/4/2019	19,09	2,27	0,91	0,45	0,00	0,68	0,23
<b>TOTAL</b>	105,18	15,34	5,91	3,71	1,69	2,32	1,70

Elaboración: Défaz, G.; Gualoto, H., 2019

**GRÁFICA 4.1 PORCENTAJE DE LA COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS DOMICILIARIOS**



Elaboración: Défaz, G.; Gualoto, H., 2019

En la gráfica 4.1 se observa que el 87% de la composición física lo ocupan los residuos orgánicos biodegradables provenientes en su mayoría de la preparación de alimentos para su consumo diario; mientras que, el componente de mayor porcentaje de los residuos inorgánicos es el plástico con un 5%, producto de las actividades de turismo, principalmente la venta de alimentos, ya que en esta se involucran bebidas gaseosas, vasos y recipientes desechables para los clientes que consumen y desean llevar sus alimentos.

#### **4.1.4. TASA DE GENERACIÓN DE LOS RESIDUOS AGRÍCOLAS Y GANADEROS**

Para establecer la tasa de generación se requieren los siguientes datos:

Número total de hectáreas cultivables: 120,8 ha

Número de cabezas de ganado bovino y caballar: 20 vacas y 17 caballos

Número de cabezas de ganado menor (cuyes y conejos): 200 cuyes y 60 conejos

Residuos de cosecha: 1369,87 Kg

Estiércol de ganado bovino y caballar: 259,90 Kg

Estiércol de ganado menor (cuyes y conejos): 527,7 Kg

Con estos datos procedemos a calcular la tasa de generación de los respectivos residuos como se presenta a continuación:

$$\text{Residuos de cosecha} = \frac{1369,87 \text{ kg}}{120,8 \text{ ha} * 7 \text{ días}} = 1,62 \frac{\text{kg}}{\text{ha} * \text{día}}$$

$$\text{Estiércol de cuy y conejo} = \frac{527,7 \text{ kg}}{(200 + 60) \text{ cabeza} * 7 \text{ días}} = 0,29 \frac{\text{kg}}{\text{cabeza} * \text{día}}$$

$$\text{Estiércol de vaca y caballo} = \frac{259,9 \text{ kg}}{(20 + 17) \text{ cabeza} * 7 \text{ días}} = 1,0 \frac{\text{kg}}{\text{cabeza} * \text{día}}$$

Las tasas de generación de los residuos agrícolas y ganaderos obtenidas son: 1,62 Kg/ha\*día para los residuos de cosecha, 0,29 y 1,0 Kg de estiércol/cabeza\*día para el estiércol de ganado menor y mayor respectivamente siendo los residuos de cosecha los de mayor generación, seguido del estiércol de vaca y caballo y en menor cantidad el estiércol de cuy y conejo.

#### **4.1.5. GENERACIÓN TOTAL DIARIA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN ASOCRUZLOMA**

A partir de la tasa de generación de los residuos agrícolas y ganaderos se obtiene la generación total diaria de los mismos multiplicando dichas tasas de generación por el número de cabezas de ganado o hectáreas correspondientes:

$$\text{Generación total diaria de residuos de cosecha} = 1,62 * 120,8 = 195,70 \left(\frac{\text{kg}}{\text{día}}\right)$$

$$\text{Generación total diaria de estiércol cuy y conejo} = 0,29 * 260 = 75,4 \left(\frac{\text{kg}}{\text{día}}\right)$$

$$\text{Generación total diaria de estiércol vaca y caballo} = 1,0 * 112 = 112 \left(\frac{\text{kg}}{\text{día}}\right)$$

Debido a esta generación de materia orgánica provenientes de los residuos de cosecha y estiércol se utiliza al proceso de compostaje para su gestión ya que los residuos de cosecha aportan la materia orgánica mientras que el estiércol aporta nutrientes y microorganismos. La generación total diaria obtenida está

asociada a la cantidad de hectáreas cultivables y la cantidad de cabezas de ganado existentes en ASOCRUZLOMA.

Los resultados de las actividades realizadas en ASOCRUZLOMA se presentan en la tabla 4.4.

**TABLA 4.4 GENERACIÓN TOTAL DIARIA DE RESIDUOS EN ASOCRUZLOMA**

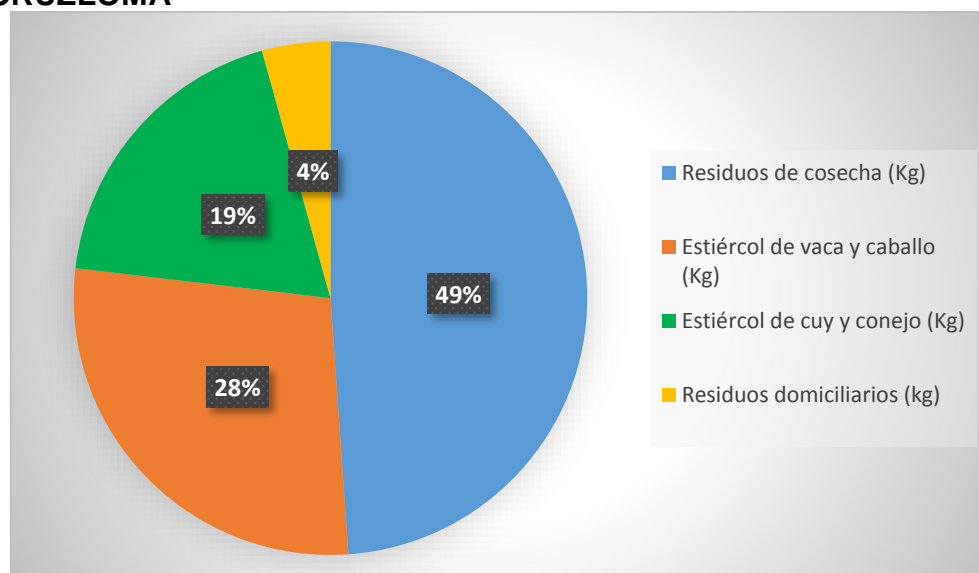
Residuos de cosecha (Kg/día)	Estiércol de vaca y caballo (Kg/día)	Estiércol de cuy y conejo (Kg/día)	Residuos domiciliarios (Kg/día)
195,70	112	75,4	17,22

Elaboración: Défaz, G.; Gualoto, H., 2019

Utilizando la ecuación 3.5 se obtiene el total de residuos generados por día en ASOCRUZLOMA para lo cual se toman en cuenta los residuos domiciliarios, agrícolas y ganaderos:

$$\text{Generación total (GT)} = 195,70 + 112 + 75,4 + 17,22 = 400,32 \text{ (kg/día)}$$

**GRÁFICA 4.2 PORCENTAJE DE RESIDUOS GENERADOS EN ASOCRUZLOMA**



Elaboración: Défaz, G.; Gualoto, H., 2019

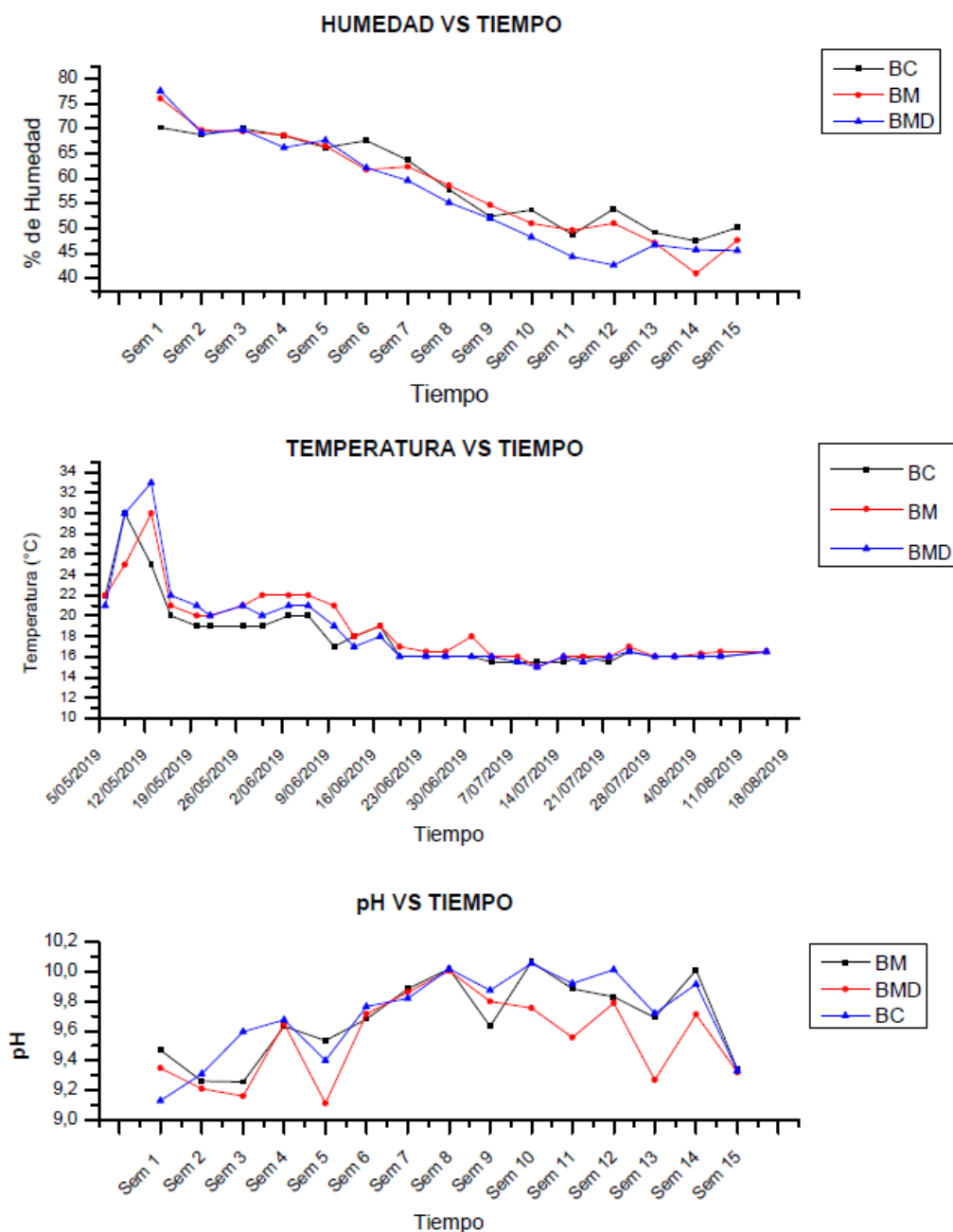
Según la gráfica 4.2 se evidencia que la mayor cantidad de residuos generados en ASOCRUZLOMA proviene de los residuos de cosecha esto producto del mantenimiento de sus cultivos; el menor porcentaje de residuos proviene de los domicilios; mientras que las cantidades de estiércol son proporcionales a la cantidad de animales que posee la asociación. Al ser los residuos de cosecha y el estiércol de ganado los de mayor proporción se establece que ASOCRUZLOMA se dedica a la agricultura y ganadería.

## **4.2. ANÁLISIS DEL MONITOREO IN SITU DEL PROCESO DE COMPOSTAJE**

### **4.2.1. COMPORTAMIENTO DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y pH DE LAS PILAS DE CONTROL DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE**

En la gráfica 4.3 se establecen los parámetros pH, temperatura y humedad del blanco de la comunidad y el blanco del método para determinar la metodología para un proceso óptimo de compostaje en un ecosistema de páramo. Adicionalmente se elaboró un duplicado del blanco del método como control de calidad y verificación de la validez del método.

### GRÁFICA 4.3 COMPORTAMIENTO DE TEMPERATURA HUMEDAD Y pH DE LAS PILAS DE CONTROL



Elaboración: Défaz, G.; Gualoto, H., 2019

En cuanto a la temperatura se puede observar que el blanco de la comunidad, (BC) posee temperaturas inferiores en comparación con los blancos del método (BM y BMD) esto se debe al tamaño de partícula del material ya que en el caso de los blancos del método el material fue picado previamente lo que facilita a los microorganismos el acceso al sustrato y evita la creación de canales de aireación

(Román, Martínez, & Pantoja, 2013), permitiendo obtener mayores temperaturas.

Con respecto a la humedad se puede observar que los tres blancos empiezan con el 80% de humedad, esto se debe a que las pilas fueron construidas con la misma proporción y el mismo tipo de material. El blanco de la comunidad posee una humedad ligeramente más alta, debido a que en el método de construcción la pila es cubierta con paja para evitar la evaporación del agua, que permite la conservación de la humedad y temperatura (Mayorga, 2016).

En el caso del pH se puede observar que todos los blancos empiezan con similares valores de pH 9,35; 9,13 y 9,47 respectivamente manteniéndose esta tendencia creciente hasta la cuarta semana, estos valores se atribuyen al material y en especial a la proporción de estiércol con que fueron construidas las pilas. El proceso de compostaje termina con valores de pH de los blancos del método (BM y BMD) y de la comunidad (BC) similares entre sí de 9,32; 9,33 y 9,34 respectivamente. Estos valores se asemejan a los del inicio del proceso y en el caso del duplicado del blanco del método (BMD), son mayores, lo que indica que estas pilas no han alcanzado su proceso de madurez.

En el blanco del método (BM), la temperatura es mayor, la humedad está en un rango óptimo y el pH es menor en comparación con el blanco de la comunidad (BC). Se concluye que el método usado en este trabajo es mejor que el método usado por la comunidad, para realizar compost en el páramo, además al comportarse de similar manera los parámetros del BM y del BMD, se concluye que el método aplicado es válido y tiene errores despreciables.

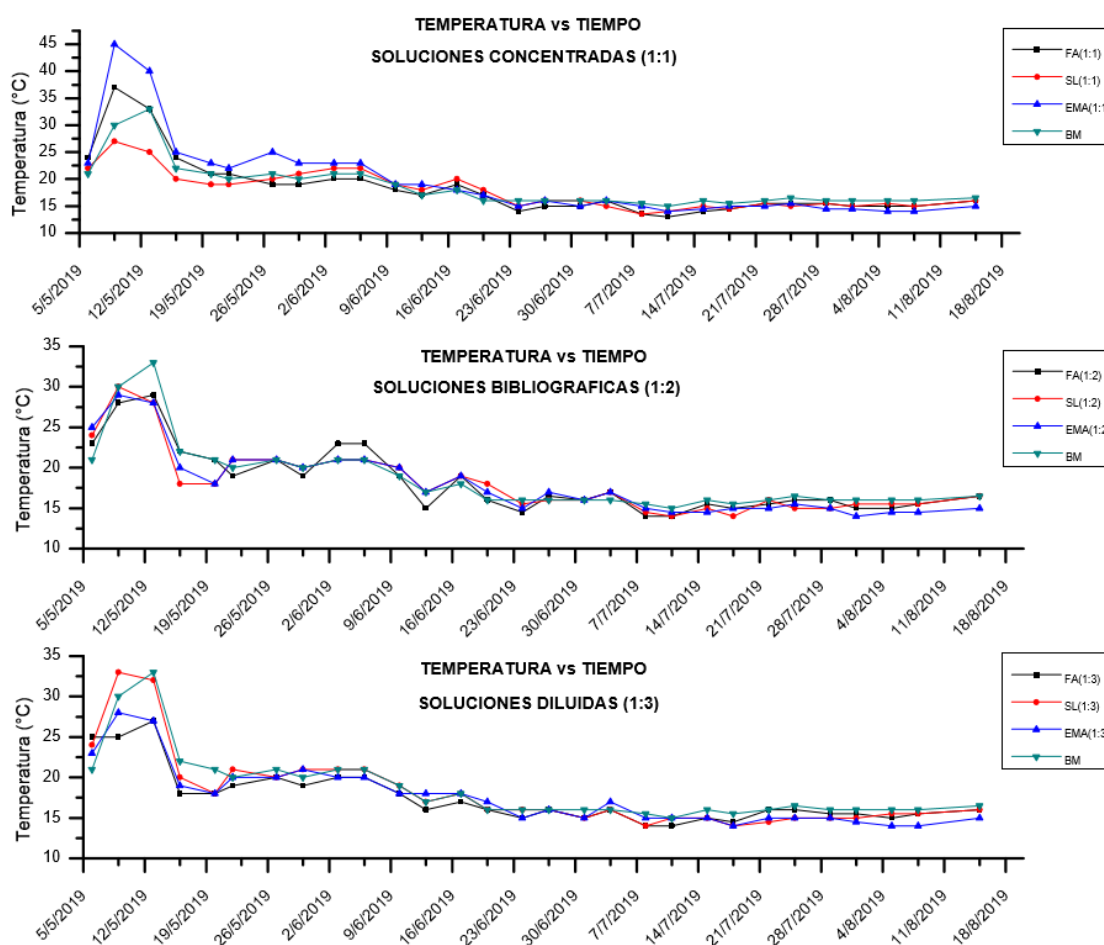
#### **4.2.2. COMPORTAMIENTO DE TEMPERATURA DURANTE EL PROCESO**

En la gráfica 4.4 se puede observar que el proceso para las diferentes concentraciones de todos los activadores y el blanco del método inicia con temperaturas que oscilan entre 20°C - 25°C. Estos valores son mayores a los de la temperatura ambiente (10°C - 15°C), con la cual se inicia el proceso. Esto se debe a que los datos iniciales fueron tomados 1 semana después de ser



construida la pila. Durante las 3 primeras semanas se produjo un importante incremento de la temperatura en todos los casos, cuyos valores oscilan entre 27°C - 45°C. Esto se debe a la actividad microbiana que genera calor a través de fuentes sencillas de C y N presentes en la pila de compostaje (Román, Martínez, & Pantoja, 2013)

#### GRÁFICA 4.4 COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA POR CONCENTRACIÓN DE LOS DIFERENTES ACTIVADORES Y EL BLANCO DEL MÉTODO



Elaboración: Défaz, G.; Gualoto, H., 2019

La temperatura máxima alcanzada en el proceso es de 45°C, valor mayor al alcanzado en otras investigaciones como es el caso de (Toro, 2014) en el altiplano boliviano, donde la temperatura máxima fue 43 °C. Estos máximos valores de temperatura se asocian a las condiciones ambientales en la zona, que

influyen en el comportamiento térmico de las pilas de compostaje (Chilón & Chilon, 2015). El calor generado en todo el proceso permitió la desinfección del compost como se comprueba en el numeral 4.4.7 con el análisis de coliformes fecales.

A partir de la cuarta semana las temperaturas descienden, lo que se asocia a factores como falta de humedad, falta de oxígeno, déficit de nitrógeno y nutrientes que impiden el desarrollo de los microorganismos, por ello se realizó volteo y riego para aportar la humedad y oxígeno necesarios. Al cabo de 7 días la temperatura aumenta por efecto del riego. Sin embargo disminuye paulatinamente, siendo aún menor a 40°C, lo cual ubica a las pilas en la fase de enfriamiento cuya duración es de varias semanas. Finalmente, a partir de la décima semana, las temperaturas se estabilizan, producto de la disminución de microorganismos y la formación de ácidos húmicos y fúlvicos (Toro, 2014), alcanzando valores cercanos a la temperatura ambiente del lugar (10-14°C) con lo cual se lleva a cabo la fase de maduración y se comprueba el estado de madurez del compost.

La temperatura de las soluciones aplicadas en función a la bibliografía y diluidas tardan más tiempo en estabilizarse, verificándose que aún no alcanzan su madurez. Adicionalmente se pueden evidenciar las diferentes fases en todas las soluciones, ya que cumple con la curva de temperatura del proceso de compostaje establecida bibliográficamente. Sin embargo, debido a que no se tiene bibliografía asociada a los rangos de temperatura que establecen cada fase del compostaje en un ecosistema de páramo no se puede establecer los rangos de temperatura de cada fase.

Los 3 activadores, así como el blanco del método de las soluciones concentradas, bibliográficas y diluidas (numeral 3.4.2) inician el proceso con valores de temperatura entre 22°C - 45°C, 20°C - 30°C y 20°C - 34°C respectivamente. A partir de la segunda semana se alcanzan las temperaturas máximas en todas las pilas; 45°C para los EMAs en solución concentradas, de 33°C el blanco de la comunidad en solución bibliográfica y de 30°C el suero de

leche en solución diluida. Finalmente, a partir de la décima, semana las temperaturas de todas las pilas en las diferentes soluciones disminuyen y en el caso de las que contienen el activador EMAs tienden a estabilizarse y alcanzan valores constantes entre 14-16°C siendo estas temperaturas menores a lo de los otros activadores.

La solución concentrada de los EMA (1:1) presenta la máxima temperatura de todo el proceso (45°C), se estabiliza y alcanza la temperatura ambiente (10-14°C) en menor tiempo por lo cual se puede concluir que logró su madurez. El registro de temperaturas obtenidas durante todo el proceso se muestra en el Anexo 2.

#### **4.2.3. PORCENTAJE DE HUMEDAD DURANTE EL PROCESO**

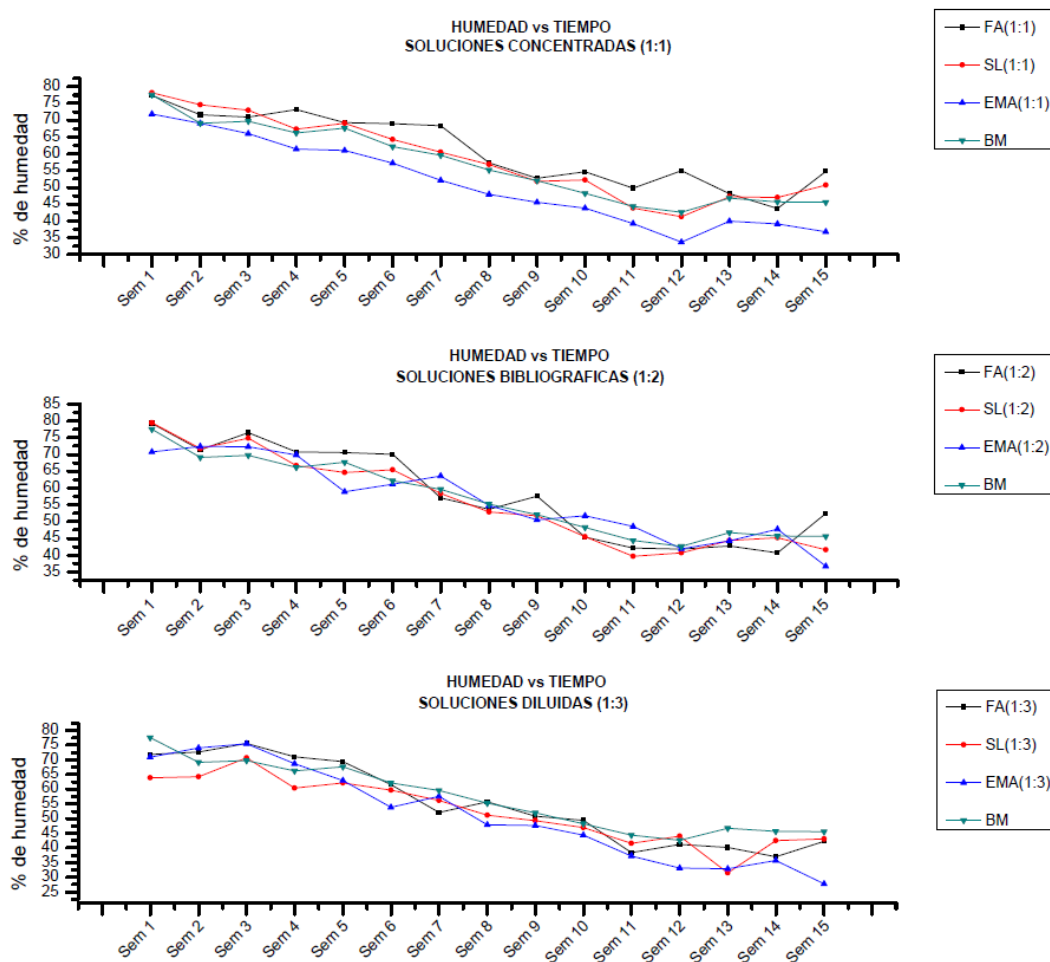
En la gráfica 4.5 se puede observar que las pilas con diferentes activadores y concentraciones tienen un alto contenido de humedad (60% - 80%), entre los cuales no existe mucha diferencia, debido a que el tipo y proporción del material con el cual se realizó las pilas de compostaje es el mismo, la variación que existe es la concentración y el tipo de activador, que a pesar de ser soluciones acuosas no afectaron significativamente a este parámetro, lo que se comprueba con el blanco del método (BM), cuyo valor se asemeja a las pilas que contienen los activadores, alcanzando un 76%.

En el transcurso del proceso, todas las pilas tienden a disminuir la humedad como resultado del agua utilizada por los microorganismos para transportar nutrientes (Román, Martínez, & Pantoja, 2013). A partir de la octava semana se evitó el riego, ya que las pilas se encuentran en su etapa de enfriamiento, donde pierden humedad para estabilizarse (Díaz & de Janon, 2010) con humedades entre 27% - 55%.

La humedad en las soluciones concentradas y bibliográficas empiezan en un rango entre 70% - 80% y terminan con un rango entre 35% - 55%; las diluidas en un rango de 60% - 72% y terminan con un rango entre 25% - 45%. La humedad óptima durante el proceso de compostaje está entre 40% - 60 %, con

valores menores la actividad de microorganismos disminuye y sobre este valor se presenta degradación anaerobia (Toro, 2014). La variación del contenido de humedad observados en las diferentes soluciones, se debe a que se regaron las pilas con 30 litros de agua hasta la octava semana, sobre la base de los resultados del método del puño.

### GRÁFICA 4.5 COMPORTAMIENTO DE LA HUMEDAD POR CONCENTRACIÓN ENTRE LOS DIFERENTES ACTIVADORES Y EL BLANCO DEL MÉTODO



Elaboración: Défaz, G.; Gualoto, H., 2019

En las soluciones concentradas, bibliográficas y diluidas, los EMAs terminan con una humedad entre 27% - 37%, siendo estas menores en comparación con el fermento de alfalfa (42% - 55%) y el suero de leche (42% - 51%), en todas sus concentraciones. De acuerdo a los porcentajes de humedad obtenidos con el

activador EMAs, se establece como un compost maduro, ya que se encuentra dentro del rango ideal de porcentaje de humedad.

La solución concentrada EMA (1:1) presenta un comportamiento estable de humedad durante el proceso, además su humedad final es de 36.72%, el cual se encuentra en el rango ideal establecido para un compost maduro que, según Román, Martínez, & Pantoja (2013) es de 30-40%. Los registros de humedad durante en el proceso se presentan en el Anexo 3.

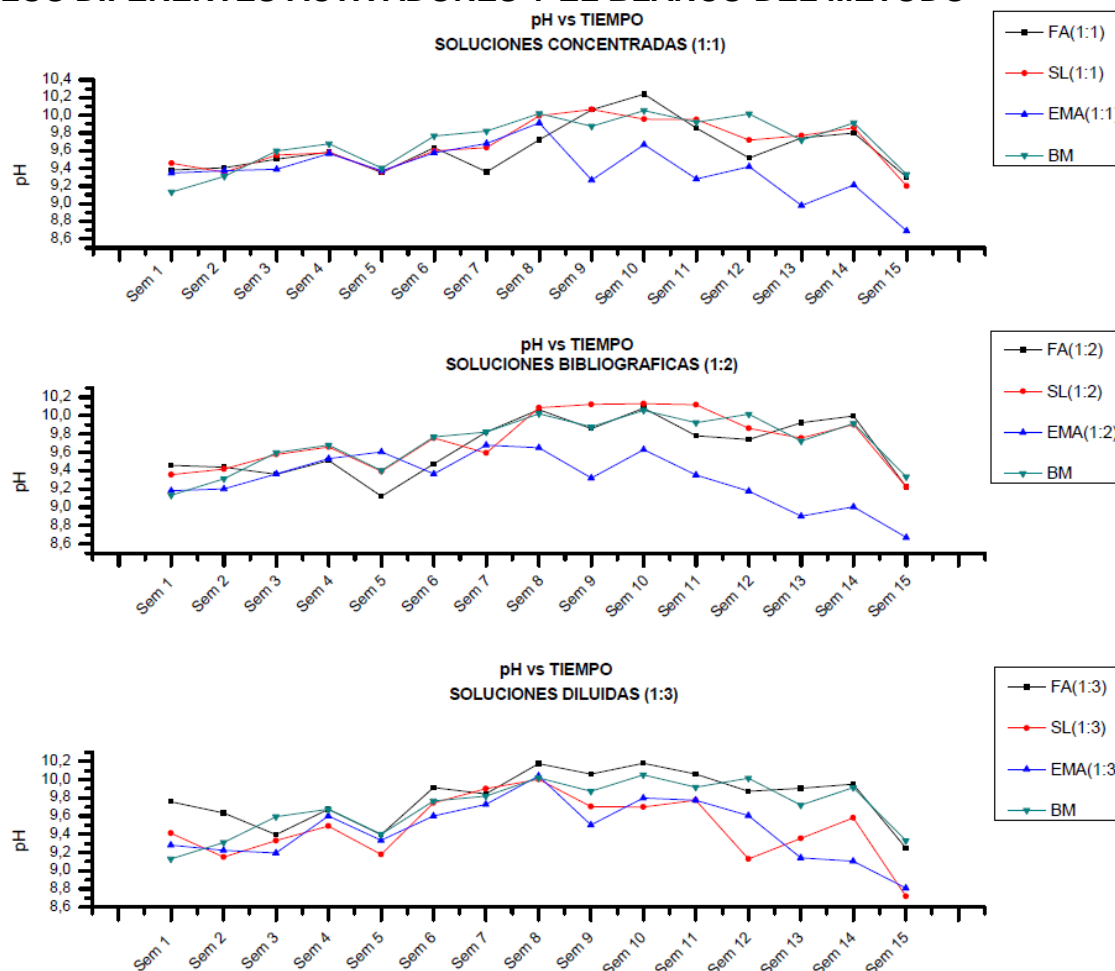
#### **4.2.4. pH**

En la gráfica 4.6 se puede observar que, durante el proceso, la degradación de los residuos orgánicos de las diferentes concentraciones de todos los activadores y el blanco del método, se desarrolló en un pH básico. Inicialmente el pH se encuentra en un rango de 9-9.8 y durante las 4 semanas iniciales aumenta producto de la cantidad de nitrógeno en el material de origen, ya que la pila posee 31% de estiércol. Adicionalmente el pH depende del material utilizado en la construcción de la pila. (Román, Martínez, & Pantoja, 2013)

En la quinta semana del proceso, se produce un descenso de pH de la formación de ácidos orgánicos producto de la actividad microbiana en la materia orgánica más frágil. A partir de la sexta semana el pH aumenta por la transformación de amonio en amoniaco. Finalmente, cuando el compost alcanza su madurez, el pH disminuye y tiende a aproximarse a neutro por la producción de compuestos húmicos (Toro, 2014).

Al finalizar el proceso, los valores obtenidos en la solución concentrada de fermento de alfalfa y suero de leche, son similares al valor de pH del blanco del método (BM) que alcanzan valores de 9.3; 9.2 y 9.33, respectivamente. En las soluciones bibliográficas de igual manera el pH del FA y el SL presentan valores similares al blanco del método (BM) con valores de 9.22; 9. 22 y 9.33 respectivamente, lo que indica que no alcanzan su proceso madurez.

## GRÁFICA 4.6 COMPORTAMIENTO DEL pH POR CONCENTRACIÓN ENTRE LOS DIFERENTES ACTIVADORES Y EL BLANCO DEL MÉTODO



Elaboración: Défaz, G.; Gualoto, H., 2019

En la solución diluida el suero de leche presenta un comportamiento de pH similar al de los EMAs durante el proceso de compostaje, y a las 15 semanas su valor de pH es similar, 8,6 para los EMAs y 8,8 para el suero de leche, lo que indica que tienen una similar tendencia en el proceso de maduración.

La solución concentrada de los EMA (1:1) finaliza el proceso con un valor de pH de 8.69, mientras que la solución bibliográfica de los EMA (1:2) con un valor de 8.67, se aproximan al rango ideal de compost maduro que según Román, Martínez, & Pantoja (2013) es de 6.5-8.5. El registro de pH en el proceso se presenta en el Anexo 4.

### **4.3. ANÁLISIS DE LA COMPROBACIÓN DEL GRADO DE MADURACIÓN DEL COMPOST**

Para conocer el estado de madurez del compost se consideraron los parámetros: temperatura, humedad y pH después de 15 semanas. Un compost se encuentra maduro cuando alcanza la temperatura ambiente. En el caso de los activadores fermento de alfalfa, suero de leche y el blanco del método aún no alcanzan la temperatura ambiente (16°C - 17 °C), a diferencia del activador EMAs que alcanza la temperatura ambiente (14°C - 15 °C). Por lo tanto, se puede concluir que los EMAs cumplen con el requisito para un compost maduro.

Román, Martínez, & Pantoja, (2013) establece que para un compost maduro al final del proceso se debe alcanzar un rango de humedad entre 30% - 40%. La humedad en las pilas con fermento de alfalfa, suero de leche y blanco del método en todas las soluciones, a las 15 semanas tienen valores similares en un rango entre 40-55% y no alcanzan el rango de humedad ideal para un compost maduro. Las pilas que cumplen con los porcentajes establecidos para un compost maduro, son las que contienen el activador EMAs (27% - 37%), comprobando así su madurez.

Según Román, Martínez, & Pantoja, (2013) el rango ideal de un compost maduro es de 6.5 - 8.5. El pH de los activadores fermento de alfalfa, suero de leche y el blanco de la comunidad a las 15 semanas se encuentran en un rango entre 9,2 - 9,4, comprobando que estas pilas no se encuentran maduras, mientras que las pilas con el activador EMAs se encuentran en un rango de 8,6 – 8,8, valores que se asemejan a los de un compost maduro.

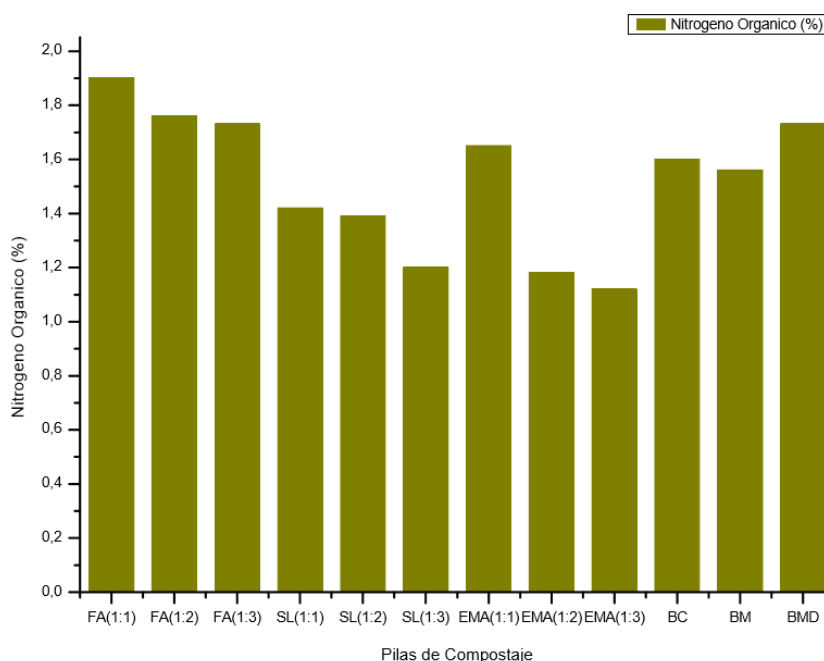
### **4.4. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL COMPOST MADURO REALIZADOS EN EL LABORATORIO**

Los análisis de todos los parámetros físicos y químicos del compost maduro se realizaron transcurridas 15 semanas.

#### 4.4.1. NITRÓGENO TOTAL EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS

EL contenido de nitrógeno para todas las clases de compost establecido en la norma NCh2880 debe ser mayor o igual al 0.8%. En la gráfica 4.7 se puede observar que todas las pilas cumplen con el contenido de nitrógeno establecido (1.2-1.9) sin embargo existen ciertas pilas que poseen mayor contenido de nitrógeno como es el caso del fermento de alfalfa ya que la alfalfa posee un alto contenido de N total en sus hojas (Toro,2014), seguido de las pilas de control cuyo contenido de nitrógeno se debe a que no ha alcanzado su proceso de madurez ya que al iniciar el proceso, el contenido de nitrógeno es mayor, debido a que los microorganismos retienen este nutriente hasta alcanzar una relación C/N adecuada.

**GRÁFICA 4.7 COMPARACIÓN DE NITRÓGENO TOTAL EN TODAS LAS PILAS DE COMPOSTAJE**



Elaboración: Défaz, G.; Gualoto, H., 2019

Las pilas con menor contenido de nitrógeno son el suero de leche y los EMAs. En el caso de las pilas con el activador EMAs han alcanzado la madurez mientras que el suero de leche es el próximo a completar su proceso de madurez en razón de que tienen bajos contenidos de nitrógeno.

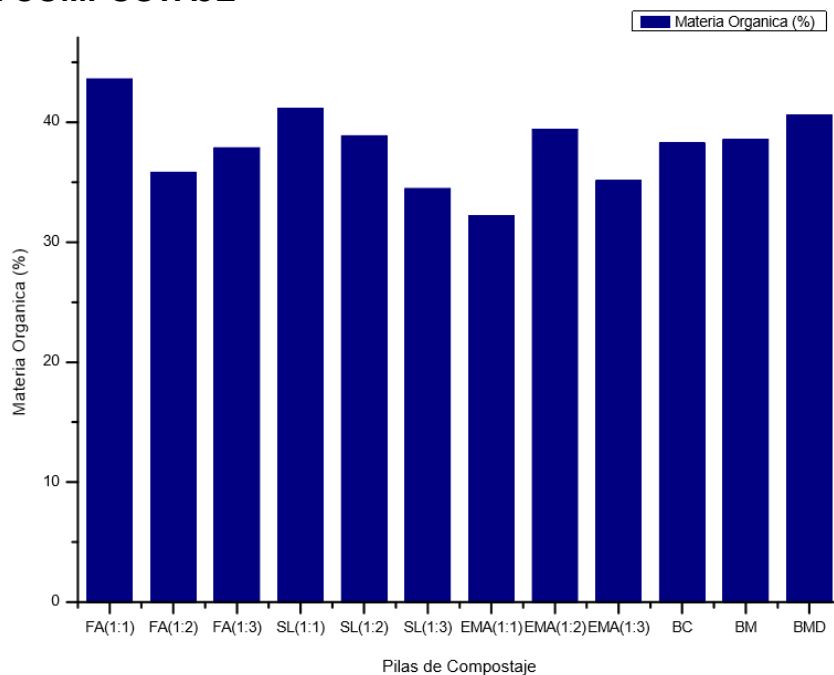


El exceso de nitrógeno acelera la descomposición y el crecimiento microbiano, por su apoyo en la síntesis de proteínas; en condiciones anaerobias puede ocasionar olores desagradables y puede ser liberado como amoníaco a la atmósfera, mientras que un déficit de nitrógeno puede afectar al crecimiento microbiano y su óptimo desarrollo (Suaña, 2013). Los valores de nitrógeno obtenidos se presentan en el Anexo 5.

#### **4.4.2. MATERIA ORGÁNICA EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS**

En la norma NCh2880 se establece que para un compost de Clase A, la cantidad de MO es mayor o igual a 45% y para un compost de clase B debe ser mayor o igual a 25%. En la gráfica 4.8 se puede observar que todas las pilas poseen un contenido de materia orgánica superior al 25%, clasificándose como de Clase B, ya que ninguna de estas supera el 45% de MO. Las pilas con los activadores fermento de alfalfa, suero de leche y las pilas de control, poseen alto contenido de materia orgánica (34% - 44%), debido a que se ha concluido la etapa de descomposición rápida donde se descomponen azúcares, almidones y proteínas y se encuentran en la etapa de descomposición lenta donde se descomponen celulosa, grasas, ceras y resinas (García, 2008).

#### GRÁFICA 4.8 COMPARACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN TODAS LAS PILAS DE COMPOSTAJE



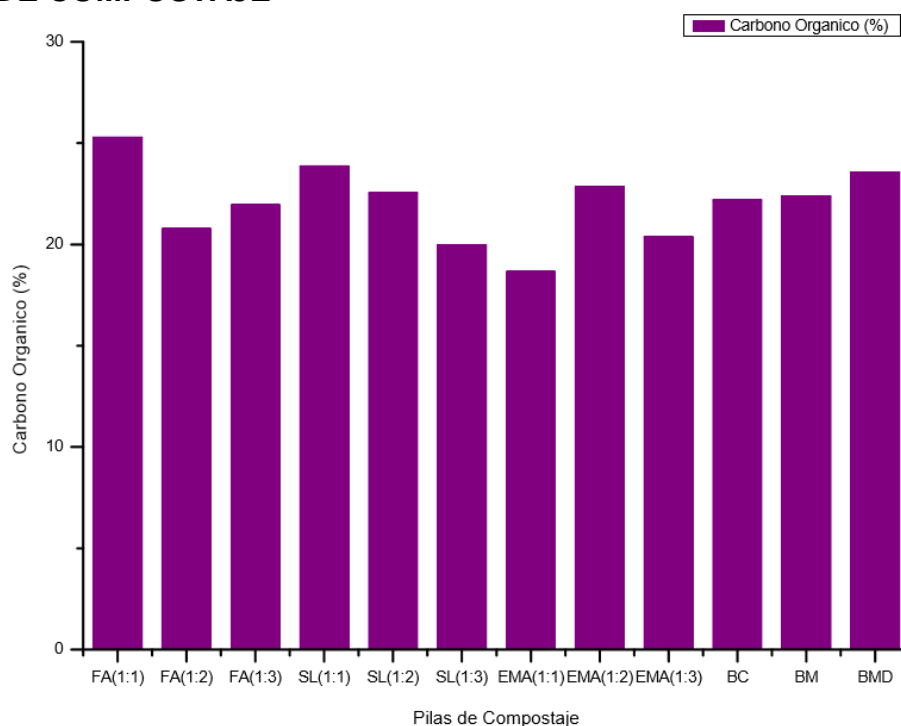
Elaboración: Défaz, G.; Gualoto, H., 2019

Las pilas con el activador EMAs tienen menores contenidos de un contenido de MO de (32% - 40%) en comparación al resto de pilas; este contenido de MO bajo se debe a su madurez ya que ha concluido con la etapa de mineralización donde se produce el desprendimiento de CO<sub>2</sub> y calor (Campitelli, 2010).

#### 4.4.3. CARBONO ORGÁNICO EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS

Según Toro (2014), el rango de contenido de carbono orgánico para un compost maduro y de calidad debe estar entre 5% - 15%. En la gráfica 4.9 se puede observar los valores de carbono orgánico obtenido de todas las pilas, luego de 15 semanas. En este caso la mayoría de las pilas no cumple con los valores establecidos para un compost maduro y de calidad, ya que todos los valores se encuentran sobre el 15% de contenido de carbono orgánico.

#### GRÁFICA 4.9 COMPARACIÓN DEL CARBONO ORGÁNICO EN TODAS LAS PILAS DE COMPOSTAJE



Elaboración: Défaz, G.; Gualoto, H., 2019

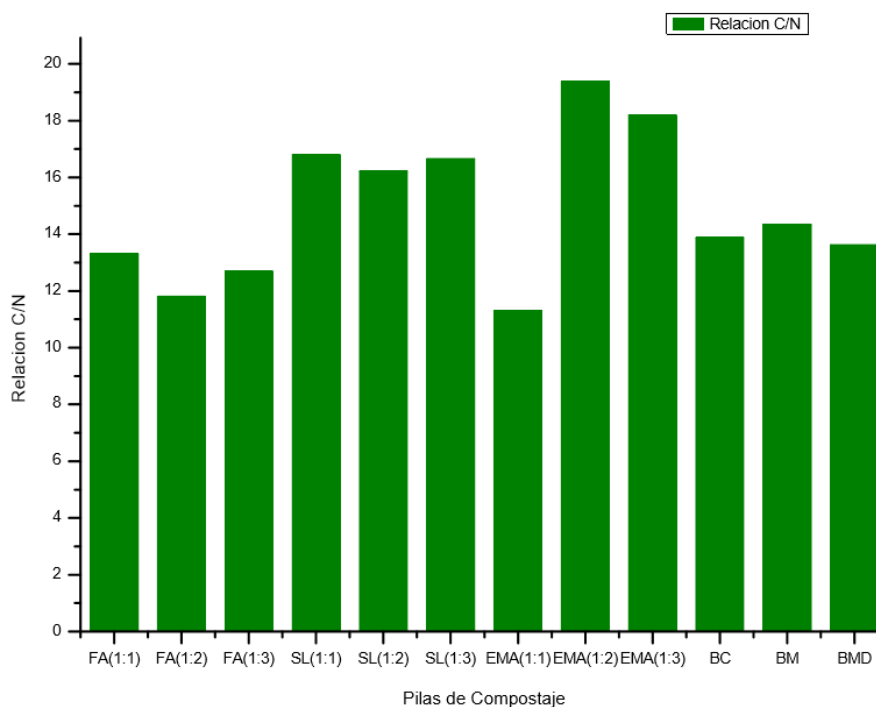
Estos valores de CO sobre el 15 % se debe a que las pilas de compostaje aún no han alcanzado su proceso de maduración, ya que al completarse este proceso, los organismos habrán usado todo el carbono asimilable, además de existir pérdidas por transformación en CO<sub>2</sub> y reacciones de síntesis de compuestos orgánicos (humificación) (Campitelli, 2010). Sin embargo, existen pilas que se acercan al rango de contenido de CO para un compost maduro como el caso de los EMA (1:1) con 18,66 y EMA (1:3) con 20,38 los que indican que han alcanzado la maduración.

#### 4.4.4. RELACIÓN CARBONO NITRÓGENO (C/N) EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS

En la norma NCh2880 se establece que para un compost de Clase A la relación C/N se encuentra entre 10 – 25, mientras que para la Clase B de 10 – 40 y para un compost inmaduro el valor máximo es de 50. En la gráfica 4.10 se puede observar que todas las pilas poseen una relación C/N entre 11 – 20, ubicándose en Clase A. Sin embargo, existen pilas que poseen una relación C/N mayor a las

otras, como es el caso del suero de leche, fermento de alfalfa y pilas de control, esto se debe a que no se encuentran completamente maduras ya que mientras avanza el proceso la relación C/N desciende, producto de las transformaciones de C y N en el proceso.

#### GRÁFICA 4.10 COMPARACIÓN DE LA RELACIÓN C/N EN TODAS LAS PILAS DE COMPOSTAJE



Elaboración: Défaz, G.; Gualoto, H., 2019

Las pilas con el activador EMAs presentan diferencias significativas a pesar de que todas se encuentran en el mismo estado de madurez. Se atribuye al contenido de nitrógeno que poseen, ya que en el caso de los EMA (1:2) y EMA (1:2) el contenido de nitrógeno es menor comparado al EMA (1:1), dando como resultado una relación C/N mayor.

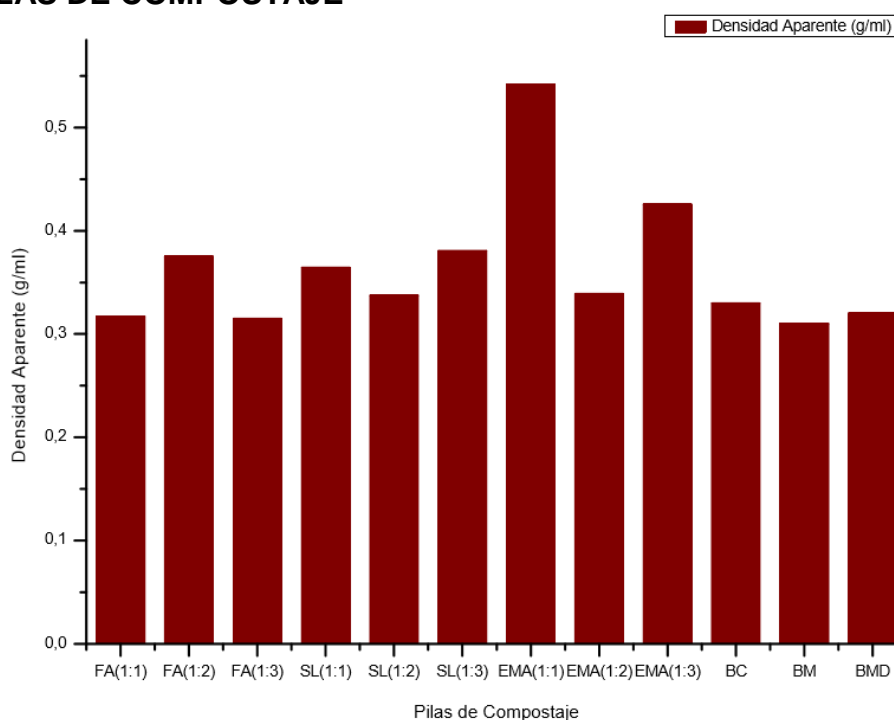
Una relación C/N baja puede producir altas temperaturas en el compost, olores desagradables y oxidación acelerada de la materia, y una alta relación carbono nitrógeno ralentiza el proceso y el compost no se calienta a pesar de ser aireado con el objeto de elevar la temperatura (González, 2018).

#### 4.4.5. DENSIDAD APARENTE

El rango de densidad aparente ( $D_a$ ) para un compost maduro y de calidad debe variar entre 0,4 g/ml - 0,7 g/ml según Toro (2014). En la gráfica 4.11 se puede observar que las dos pilas que cumplen con este requisito son las EMA (1:1) y EMA (1:3). Esto se debe a que uno de los indicadores de la madurez del compost, es la densidad aparente. Con el tiempo este parámetro se incrementa como consecuencia de la degradación y la disminución del tamaño de partícula (Luna, García, Rodríguez, & Pimienta, 2015). Mientras más alta su densidad aparente mayor madurez presenta (Toro, 2014). Todas las demás pilas aún no han completado su proceso de maduración por lo que presentan valores de densidad aparente ( $D_a$ ) bajo 0,4 g/ml.

Adicionalmente, la densidad aparente debe tener un valor entre 0,4 y 0,7 g/ml ya que es importante para el traslado de sustratos, porosidad, fuerza, compactibilidad y sirve como anclaje para las plantas. Mientras más alta sea la planta, más alta debe ser la densidad aparente (López, y otros, 2015).

#### GRÁFICA 4.11 COMPARACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE EN TODAS LAS PILAS DE COMPOSTAJE

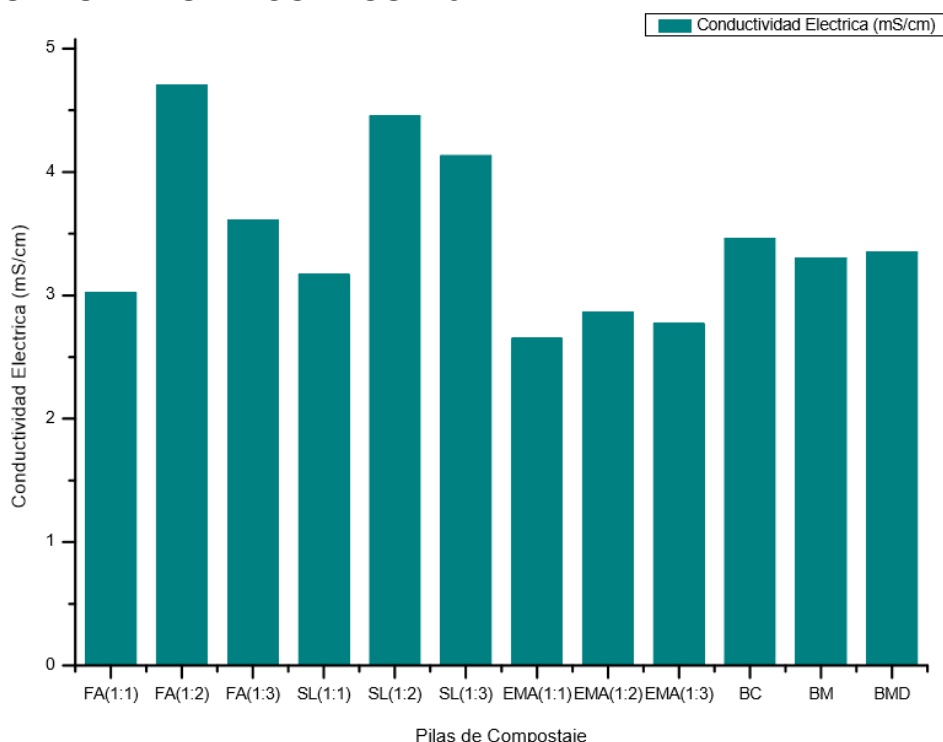


Elaboración: Défaz, G.; Gualoto, H., 2019

#### 4.4.6. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Para un compost Clase A, en la norma NCh2880 se establece la conductividad eléctrica menor o igual a 5 mS/cm. En la gráfica 4.12 se puede observar que todas las pilas pertenecen a la clase A en la clasificación de compost. Los bajos valores de conductividad eléctrica se deben a la reducción de la cantidad de solutos durante el proceso (Storino, 2017) como es el caso de las pilas con el activador EMAs. En el caso de las que contienen el activador fermento de alfalfa y suero de leche la conductividad eléctrica es ligeramente mayor en comparación al resto de pilas. Estos valores se deben a que durante el proceso la conductividad eléctrica aumenta ya que la materia orgánica se materializa y como consecuencia aumenta la concentración de nutrientes. (Apaza, Mamani, & Mendoza, 2015)

**GRÁFICA 4.12 COMPARACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN TODAS LAS PILAS DE COMPOSTAJE**



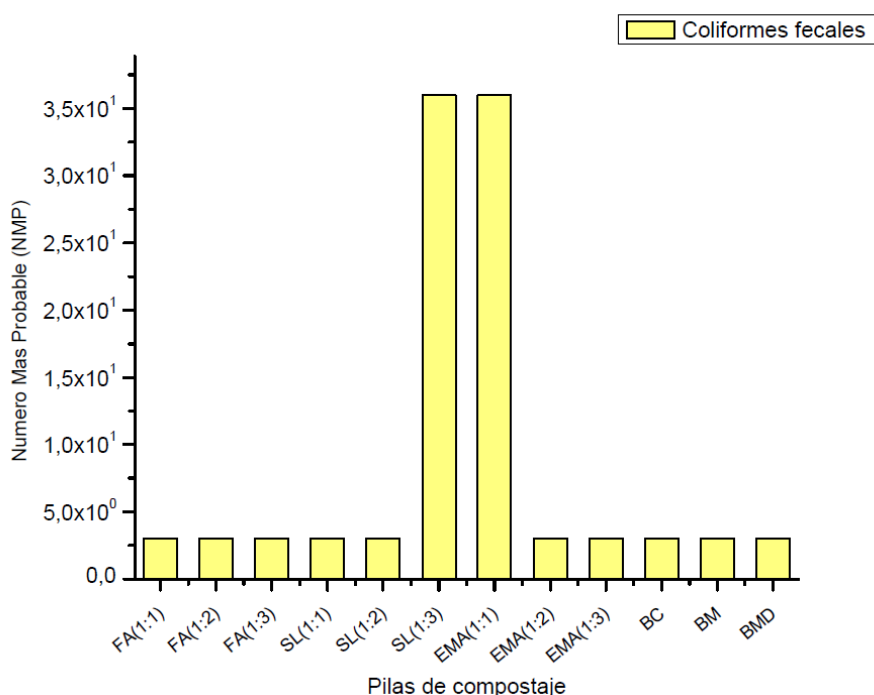
Elaboración: Défaz, G.; Gualoto, H., 2019

Al ser todas las pilas un compost de Clase A no presentan riesgo de salinización, acidificación o fitotoxicidad para su uso en cultivos. (Bravo, Andrade, Herrera, Gonzalez, & García, 2017)

#### 4.4.7. COLIFORMES FECALES

En la gráfica 4.13 se observa que el NMP de coliformes fecales es menor a  $3 \times 10^1$  en todas las pilas, con excepción de las pilas SL (1:3) y EMA (1:1) que alcanza un valor de  $3.6 \times 10^1$  NMP. A pesar de que este valor es mayor a las demás pilas, se encuentra en el rango aceptable establecido en la norma NCh2880, menor a 1000 NMP para un compost con una calidad sanitaria aceptable. Estos valores indican la efectividad del proceso de compostaje, que tiene como uno de sus objetivos, reducir los patógenos que pueden causar enfermedades fitopatogénicas y humanas.

#### GRÁFICA 4.13 COMPARACIÓN DEL NMP DE COLIFORMES FECALES EN TODAS LAS PILAS DE COMPOSTAJE



Elaboración: Défaz, G.; Gualoto, H., 2019

El número bajo de coliformes se atribuye a que las pilas de compostaje alcanzaron temperaturas de 45°C. Cuando el compost en el transcurso de 15 días

mantiene temperaturas de 38°C, existe una reducción de patógenos, puesto que se destruye el 99.9% de estos. Al llegar a 55°C, se elimina el 99.999% y de esta forma se pasteuriza el material que se está compostando (Gómez, Gonzales, & Chiroles, 2004).

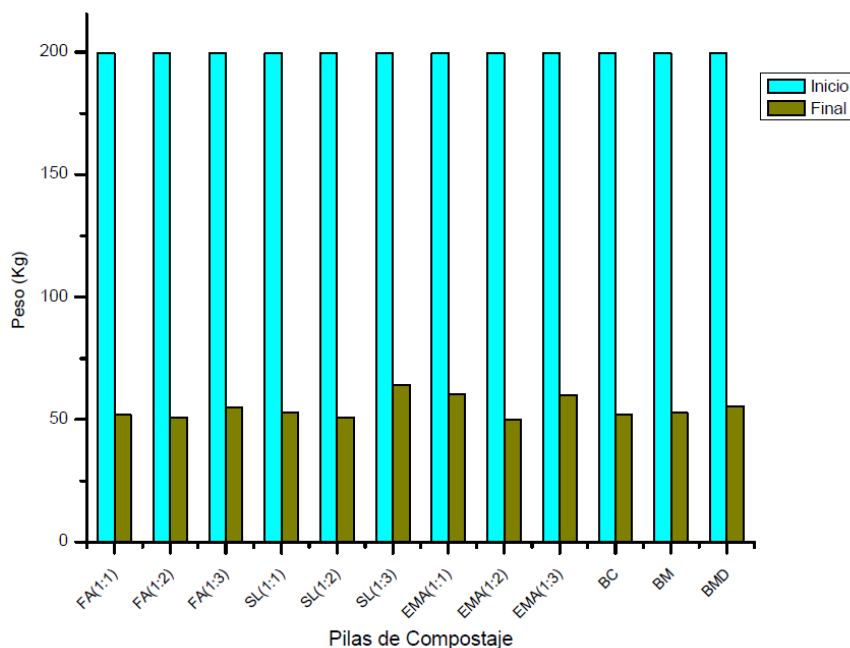
#### **4.5. ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE**

Las pilas que alcanzaron la madurez son aquellas que contienen el activador EMAs, mientras que las pilas con los activadores suero de leche, fermento de alfalfa y las pilas de control no completaron su madurez, por lo que no se los puede considerar compost maduro. Por tal motivo no se toman en cuenta en el análisis del rendimiento del proceso.

En la gráfica 4.14 se puede observar que el proceso de compostaje inicia con 199,55 Kg entre residuos orgánicos domiciliarios, residuos agrícolas y estiércol para todas las pilas. Las pilas con el activador EMAs presentan los siguientes pesos finales EMA (1:1) con 60,45 Kg; EMA (1:2) con 50 Kg y EMA (1:3) con 60 Kg. Esta pérdida de peso se produjo por la descomposición microbiana y la transformación bioquímica de la materia orgánica (Brito, y otros, 2016).



#### GRÁFICA 4.14 PESOS INICIALES Y FINALES DE LAS PILAS COMPOSTERAS



Elaboración: Défaz, G.; Gualoto, H., 2019

Estas pilas lograron reducir en un 70% la cantidad de residuos sólidos biodegradables iniciales en un tiempo de 3 meses. Con los 55 Kg de compost obtenido en promedio, con los activadores EMAs, se puede calcular la cantidad de compost que se podría obtener con el total de los residuos orgánicos biodegradables generados en ASOCRUZLOMA, los cuales son 398.13 Kg/día. En un mes, serían 11943.9 Kg y en tres meses que dura el proceso de compostaje tendríamos 35831.7 kg de residuos.

Con esta generación total en tres meses de 36028,8 kg de residuos, y con una eficiencia del proceso de compostaje del 30% se podría obtener 10808,64 Kg de compost los cuales almacenados en sacos de 50 Kg, se obtendría un total de 216 sacos.

El estudio del rendimiento es un instrumento de utilidad en el control del proceso, además permite organizar el espacio en base a las reducciones volumétricas producidas (Huerta, López, Soliva, & Zaloña, 2008).

#### **4.6. SELECCIÓN DEL ACTIVADOR BIOLÓGICO EFICIENTE**

Para la selección del activador biológico eficiente del proceso, se identificaron parámetros como: temperatura, humedad y pH. En cuanto a la temperatura los activadores EMAs alcanzaron un máximo de 45°C, siendo esta suficiente para desarrollar la fase de higienización, lo que se demuestra con los niveles de coliformes obtenidos, que indican un bajo conteo de bacterias patógenas (Sánchez & Fraire, 2015). El comportamiento de la temperatura fue estable, y al final del proceso alcanzó la temperatura ambiente, madurando con mayor rapidez.

La humedad de estos activadores fue óptima durante el proceso, lo cual facilitó su manejo, de igual manera al finalizar el mismo, el porcentaje de humedad se mantuvo dentro del rango indicativo del compost maduro al final de la semana 15.

El proceso de compostaje de estos activadores se realizó en un medio básico y al finalizar el mismo, los valores de pH fueron los menores en comparación con el resto de activadores y se aproximaron al rango ideal establecido para el compost maduro. Por lo antes mencionado, se comprueba que el activador biológico EMAs como eficiente durante el proceso de compostaje

El marco de referencia para la selección del activador eficiente, fue el cumplimiento de la Norma Chilena NC2880 de la calidad del compost maduro, para lo que se utilizaron los parámetros: Carbono Orgánico, Nitrógeno Total, Relación Carbono Nitrógeno, Materia Orgánica, Conductividad Eléctrica y Densidad Aparente, los cuales se indican en la tabla 4.5.

**TABLA 4.5 RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DEL COMPOST MADURO**

Parámetro	Unidad	Pila de Compost	Valor obtenido	Normativa Chilena NCH2880			Clase
				A	B	I	
<b>Nitrógeno Total</b>	%	EMA (1:1)	1.65	Mayor o igual a 0.8			N/A
		EMA (1:2)	1.18				
		EMA (1:3)	1.18				
<b>Relación C/N</b>	-	EMA (1:1)	11.3	A	B	I	Clase A
		EMA (1:2)	19.4	10-25	10-40	Máx 50	
		EMA (1:3)	18.2				
<b>Conductividad Eléctrica CE</b>	mS/cm	EMA (1:1)	2.65	Menor o igual a 5	5-12	N/A	Clase A
		EMA (1:2)	2.86				
		EMA (1:3)	2.77				
<b>Materia Orgánica</b>	%	EMA (1:1)	32.2	Mayor a 45	Mayor o igual a 25	N/A	Clase B
		EMA (1:2)	39.4				
		EMA (1:3)	35.1				

Elaboración: Défaz, G.; Gualoto, H., 2019

Con los datos de la tabla 4.5 se puede establecer que la calidad a la que pertenece el compost obtenido, es de clase A exceptuando los valores de Materia orgánica, que lo establecen en categoría B. Adicionalmente, poseen la cantidad de nitrógeno establecida en la norma para todas las clases de compost. Por lo tanto, se comprueba al activador biológico EMAs, como eficiente en función de los parámetros escogidos para la aplicación de la Norma Chilena.

Finalmente, uno de los parámetros más importantes para escoger el activador biológico eficiente es el tiempo de descomposición de la materia orgánica. Al aplicar el activador biológico EMAs en las pilas de compostaje su tiempo de maduración se redujo en un 50%, ya que este proceso se desarrolla en 6 meses y con la aplicación de dicho activador, se obtuvo el compost en 15 semanas (3 meses), a pesar de estar sometido a las condiciones climáticas de un ecosistema de páramo.

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

- La generación de residuos sólidos en la ASOCRUZLOMA es de 400,32 Kg/día (0,4 ton/día) provenientes de actividades agrícolas (195,70 Kg/día), ganaderas (187,4 Kg/día) y domiciliarias (17,22 Kg/día). Esta generación es baja en comparación con la zona rural del DMQ cuyo monto es 433,76 ton/día. (“Estudio de caracterización de residuos sólidos urbanos domésticos y asimilables a domésticos del DMQ (2012)”).
- La generación proyectada alcanza los 2786,91 kg/semana o 11943,9 kg/mes por lo que se hace necesario el uso de técnicas como el compostaje para la gestión, ya que reduce el volumen de los residuos. Además, con esta proyección se puede definir el espacio físico y los recursos necesarios para la debida gestión.
- En las actividades se consideró también el ecoturismo donde por su sistema de gestión, los miembros recogen todos los residuos generados y los trasladan a sus domicilios, para gestionarlos. La mayor cantidad de residuos generados en ASOCRULOMA proviene de las actividades agrícolas con un 49% y ganaderas con un 47%, mientras que el 4% restante corresponde a los residuos domiciliarios con lo cual se concluye que ASOCRUZLOMA es una zona agrícola - ganadera y que los residuos domiciliarios no tienen una incidencia mayor en lo que refiere a su generación.
- De acuerdo a la composición física de los residuos sólidos domiciliarios, el 13% lo ocupan los residuos inorgánicos y el 87 % restante corresponde a los residuos orgánicos biodegradables. Dentro de los residuos sólidos inorgánicos se encuentran los plásticos (5%), papel y cartón (3%) metales (2%), vidrio (1%) y otros (2%). El mayor porcentaje corresponde al plástico

producto de las actividades de turismo, sobretodo la venta de alimentos ya que en esta se involucran bebidas gaseosas, vasos y recipientes desechables de los clientes que consumen y llevan sus alimentos, para lo cual es necesario implementar un adecuado sistema de gestión para este tipo de residuos (inorgánicos).

- Ciertos activadores biológicos no pueden ser utilizados directamente ya que requieren un acondicionamiento previo, para ello existen diferentes metodologías como siembra y cosecha en el caso de los EMAs y fermentación bacteriana en el caso del fermento de alfalfa, las cuales se acondicionaron en base a la bibliografía, para luego ser aplicados en las pilas.
- Al evaluar la humedad, temperatura y pH de las pilas de control se concluye que la metodología utilizada en este trabajo para la obtención del compost es mejor que la metodología utilizada por la comunidad ya que en el blanco del método se obtuvieron mejores resultados de estos parámetros en comparación con el blanco de la comunidad.
- Con la aplicación del activador EMAs en las pilas se alcanzó una temperatura máxima de 45°C durante el proceso de compostaje esta temperatura fue mayor a la bibliográfica de 42°C establecida por (Toro, 2014), adicionalmente con este activador la temperatura logró estabilizarse y alcanzar la temperatura ambiente (requisito para la madurez) de 14°C - 15°C en 15 semanas estos resultados establecen al compost obtenido con este activador como maduro en comparación con las pilas que contienen los activadores Fermento de Alfalfa y Suero de Leche.
- El rango de humedad óptimo (40% - 60%) durante el proceso de compostaje y de 30% - 40% cuando se ha alcanzado su madurez se logró con las pilas que contienen el activador EMAs, se evidencia que la humedad de las pilas es menor a la capacidad de campo del compost, por lo tanto, no existió lixiviados.

- Los activadores fermento de alfalfa, suero de leche y EMAs, que se colocan en las pilas de compostaje para su acondicionamiento, son líquidos los mismos que incidieron mínimamente en el parámetro de humedad, por lo que, no se presentaron condiciones anaerobias que producen malos olores, ni lixiviados.
- Todo el proceso de compostaje se llevó a cabo con un pH básico de 9.5, sin embargo, las pilas que contienen el activador EMAs presentaron los menores valores de pH entre 8.5 – 9.3 y al finalizar el proceso alcanzaron los valores de pH establecidos para un compost maduro (6.5 – 8.5).
- El tiempo de descomposición de las pilas que contienen el activador biológico EMAs fue de 3 meses (15 semanas), el cual es menor en comparación al tiempo de duración del proceso establecido bibliográficamente el cual tiene una duración de 6 meses, con la aplicación de este activador biológico el tiempo de descomposición se redujo en un 50%.
- De acuerdo a los valores de los parámetros físico-químicos como nitrógeno total, densidad aparente, carbono orgánico, conductividad eléctrica y relación C/N se concluye que el compost obtenido en todas las pilas es de clase A, según la norma NCh2880. A pesar de que algunas pilas aún se encuentran en proceso de maduración, por lo tanto, el compost obtenido de las pilas maduras puede ser utilizado sin ninguna restricción y ser aplicado directamente.
- Las pilas con el activador EMAs presentan el mejor rendimiento con un 30,06% ya que estas se encuentran maduras y redujeron la cantidad de los residuos orgánicos biodegradables iniciales en un 70%. Las pérdidas de peso se asocian a la descomposición microbiana, volteos y muestreos realizados durante el proceso.

- La eficiencia de los activadores biológicos está relacionada directamente con la concentración de los mismos, a mayor concentración mejor eficiencia. Esto se puede evidenciar en el activador EMAs en solución concentrada (EMA (1:1)) el cual obtuvo los mejores resultados de relación C/N (11,3); densidad aparente (0,54 g/ml), conductividad eléctrica (2,65 mS/cm), peso final obtenido (60,45 Kg), en comparación a las pilas que contienen los activadores fermento de alfalfa y suero de leche.
- La optimización del tiempo de descomposición de las pilas depende del activador biológico utilizado, de acuerdo a los resultados de los parámetros analizados, el activador más eficiente son los EMAs, seguido del activador suero de leche debido a la similitud de valores con los EMAs y por último el activador fermento de alfalfa ya que estos valores son similares a los blancos. Esto indica que este tardará más tiempo en alcanzar su madurez en relación a los otros activadores
- Los valores de coliformes obtenidos para todas las pilas se encuentran en un rango de <3 hasta  $3,6 \cdot 10^1$  NMP, cumpliendo con el requisito de coliformes establecido en la norma NCh2880 para todas las clases de compost de <1000 NMP lo que indica que no existe presencia de patógenos por lo tanto puede ser utilizado sin ninguna clase de restricción.
- La aplicación de este proyecto permite el cumplimiento de las buenas prácticas ambientales requeridas en el certificado ambiental conferido a la asociación ASOCRUZLOMA con respecto a la gestión de residuos sólidos.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Es necesario implementar un sistema de gestión de residuos separados ya que con la caracterización se evidenció que la comunidad aplica para la gestión de sus residuos un sistema mezclado.

- Para la elaboración de la solución madre del fermento de alfalfa se recomienda evitar la agitación 3 días antes de la elaboración de la solución, ya que en ese tiempo se separan las fases sólida y líquida facilitando la extracción de la parte líquida.
- Considerar la época del año, al momento de recolectar los residuos agrícolas y ganaderos, ya que a finales de la época de invierno existe mayor generación de residuos producto de las cosechas. Es el periodo pico de generación.
- Al momento de medir la temperatura se debe leer el valor, dentro de la pila ya que las condiciones climatológicas de la zona hacen que la temperatura disminuya inmediatamente y podría registrarse errores en la medición.
- Se deben realizar más estudios del compostaje en un ecosistema de páramo con la finalidad de establecer el rango de temperatura que definen cada etapa del proceso.
- Para disminuir la generación de plásticos en ASOCRUZLOMA se recomienda utilizar vajillas biodegradables o vajillas reutilizables dentro de las actividades de ecoturismo.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfonso, J., 2010. *Elaboración de abono orgánico a partir de cascarilla de Piñón Centro de Comunicación Agrícola Honduras*. En línea, disponible en <https://es.scribd.com/document/57886087/Abono-Organico-a-Partir-de-Cascarrilla-de-Pinon>
- Altamirano, M., & Cabrera, C. (2006). *Estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual*. Obtenido de Instituto de Investigaciones FIGMMG: [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/geologia/vol9\\_n17/a10.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/geologia/vol9_n17/a10.pdf)
- Apaza, E., Mamani, F., & Mendoza, H. (2015). Sistema de compostaje para el tratamiento de residuos de hoja de coca con la incorporación de tres activadores biológicos en el centro experimental Kallutaca. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 75-85. Obtenido de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S230838592015000200003](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S230838592015000200003)
- Arango, G., & Vásquez, E. (junio de 2012). *Los coleópteros y el compost*. Obtenido de Biblioteca Digital Lasallista: <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/handle/10-567/196>
- Armenta, A., García, C., Camacho, R., Apocada, M., Montoya, L., & Nava, E. (2010). BIOFERTILIZANTES EN EL DESARROLLO AGRÍCOLA DE MÉXICO. *Ra Ximhai*, 51-56. Obtenido de <http://uaim.edu.mx/webraximhai/Ej16articulosPDF/07%20Biofertilizantes.pdf>
- Azurduy, S., Azero, M., & Ortuño, N. (25 de febrero de 2014). *Evaluación de Activadores Naturales para Acelerar el Proceso de Compostaje de Residuos Orgánicos en el Municipio de Quillacollo*. Obtenido de Universidad Católica Boliviana: [http://www.scielo.org.bo/pdf/ran/v7n4/v7n4\\_a02.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/ran/v7n4/v7n4_a02.pdf)
- Bravo, E., Andrade, A., Herrera, M., Gonzalez, O., & García, A. (2017). Propiedades de un compost obtenido a partir de residuos de la producción de azúcar de caña. *Centro Agrícola*, 49-55. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S025357852017000300007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025357852017000300007)
- Brito, H., Viteri, R., Guevara, L., Villacrés, M., Jara, J., Jiménez, S., . . . Parra, C. (2016). OBTENCIÓN DE COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL MERCADO MAYORISTA DEL CANTÓN RIOBAMBA. *European Scientific Journal*. Obtenido de <http://eujournal.org/index.php/esj/article/view/8200>
- Bueno, P., Díaz, M., & Cabrera, F. (2017). *Factores que afectan al proceso de Compostaje*. Obtenido de Universidad de Huelva: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf>
- Buenrostro, O., Márquez, L., & Ojeda, S. (2009). *Manejo de los residuos sólidos en comunidades rurales en México. Una visión de los generadores*. Obtenido de Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales:

<http://www.redisa.net/doc/artSim2009/Clasificacion/manejo%20de%20los%20residuos%20s%C3%B3lidos%20en%20comunidades%20rurales%20en%20M%C3%A9xico.pdf>

- Buytaert, W., Céleri, R., Bievre, B. D., & Cisneros, F. (2012). HIDROLOGÍA DEL PÁRAMO ANDINO: PROPIEDADES, IMPORTANCIA Y VULNERABILIDAD. *Scielo*, 8-27. Obtenido de <http://paramo.cc.ic.ac.uk/pubs/ES/Hidroparamo2.pdf>
- Campitelli, P. (2010). *Calidad de compost y vermicompuestos para su uso como enmiendas orgánicas en suelos agrícolas*. Obtenido de Universidad Nacional de Córdoba: <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/4726/Campitelli%2C-%20Paola.%20Calidad%20de%20compost%20y%20vermicompuestos%20para%20su%20uso...%20.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Castillo, M. (julio de 2012). *CONSULTORÍA PARA LA REALIZACIÓN DE UN ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DOMÉSTICOS Y ASIMILABLES A DOMÉSTICOS PARA EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO*. Obtenido de EMASEO: [http://www.emaseo.gob.ec/documentos/pdf-/Caracterizacion\\_residuos.pdf](http://www.emaseo.gob.ec/documentos/pdf-/Caracterizacion_residuos.pdf)
- Chaparro, J. (diciembre de 2013). *Evaluación de la biodegradación de residuos sólidos ganaderos tratados mediante pilas de compostaje*. Obtenido de Universidad del BÍO-BÍO: [http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/1346/1/Chaparro\\_-Urrutia\\_Jorge\\_Luis.pdf](http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/1346/1/Chaparro_-Urrutia_Jorge_Luis.pdf)
- Chaves, Á., & Guzmán, G. (2009). *Elaboración de biofermentos y su aplicación como abono foliar*. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Gandería FITTACORI: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-0958.pdf>
- Chilón, E. (2013). EL COMPOST ALTOANDINO COMO SUSTENTO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO. *CienciAgro*, 456-468. Recuperado de [http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rca/v2n4/v2n4-\\_a04.pdf?fbclid=IwAR1hw-BK3w6-\\_imc0\\_q7](http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rca/v2n4/v2n4-_a04.pdf?fbclid=IwAR1hw-BK3w6-_imc0_q7)
- Chilón, E., & Chilon, J. (2015). Compostaje Altoandino, seguridad alimentaria, cambio climático y biorremediación de suelos. *CienciAgro*, 43-56. Obtenido de Revistas Bolivianas : [http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2072-14042015000100006&lng=es&nrm=iso](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-14042015000100006&lng=es&nrm=iso)
- Clavijo, I. (2014). *Estudio Comparativo para la elaboración de compost por técnica manual en el Bioparque Amaru Cuenca*. Obtenido de Universidad de Cuenca : <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21064/1/tesis.%20doc%20pdf.pdf>
- Díaz, L., & de Janon, C. (2010). *Reciclaje y Tratamiento Biológico de los Residuos Sólidos Municipales*. Quito, Ecuador: Editorial Ecuador.
- Fernández, A., & Sánchez, M. (2007). *GUÍA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI): <https://open.unido.org/api/documents/4745768/download/GUIA%20PARA%20LA%20GESTI%C3%93N%20INTEGRAL%20DE%20L>

- Figuerola, A., Álvarez, J., Forero, A., Salamanca, C., & Pinzón, L. (08 de agosto de 2017). *DETERMINACIÓN DEL NITRÓGENO POTENCIALMENTE MINERALIZABLE Y LA TASA DE MINERALIZACIÓN DE NITRÓGENO EN MATERIALES ORGÁNICOS*. Obtenido de Universidad de Córdoba: <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/402/694-1292-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- FONAG. (2018). *FONAG*. Obtenido de [http://www.fonag.org.ec/web/wp-content/uploads/2018/01/TDRs\\_FONAG-Plan-1.pdf](http://www.fonag.org.ec/web/wp-content/uploads/2018/01/TDRs_FONAG-Plan-1.pdf)
- Gabriels, D., & Lobo, D. (2006). *Métodos para determinar granulometría y densidad aparente del suelo*. Obtenido de Universidad de Gante: [https://www.academia.edu/9592302/densidad\\_del\\_suelo](https://www.academia.edu/9592302/densidad_del_suelo)
- García, A. (31 de Octubre de 2008). *La materia orgánica (MOS) y su papel en la lucha contra la degradación del suelo*. Obtenido de SOCIEDAD ECUATORIANA DE LA CIENCIA DEL SUELO: <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/9.-Dr.-Alvaro-Garcia.-MO.pdf>
- Gómez, T., Gonzales, M., & Chiroles, S. (2004). Microorganismos presentes en el compost. Importancia de su control sanitario. *Medio Ambiente y Desarrollo*. Obtenido de <http://ama.redciencia.cu/articulos/7.01.pdf>
- González, M. (19 de enero de 2018). *RELACIÓN CARBONO NITRÓGENO EN COMPOSTAS*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/rayo2882/relacion-carbono-nitrgeno-en-compostas>
- Gordillo, F., & Chávez, E. (2011). *Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica del Litoral: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/9112/1/Evaluaci%C3%B3n%20Comparativa%20de%20la%20calidad%20del%20compost.pdf>
- Guasco, J., & Jaramillo, M. (2015). *OBTENCIÓN DE COMPOST A PARTIR DE ACTIVADO-RES BIOLÓGICOS*. Recuperado de UNIVERSIDAD DE CUENCA, CUENCA, ECUADOR: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/21723/1/TESIS.pdf>
- Hofstede, R. (2001). *EL IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES HUMANAS SOBRE EL PÁRAMO*. Obtenido de Scielo: [https://www.portalces.org/sites/default/files/references/095\\_Hofstede%202001%20Paramo%20Ecuador%20impacto.pdf](https://www.portalces.org/sites/default/files/references/095_Hofstede%202001%20Paramo%20Ecuador%20impacto.pdf)
- Huerta, Ó., López, M., Soliva, M., & Zaloña, M. (2008). *COMPOSTAJE DE RESIDUOS MUNICIPALES: Control del proceso, rendimiento y calidad del producto*. Obtenido de Escuela Superior de Agricultura de Barcelona: <http://www.resol.com.br/cartilhas/compostaje.pdf>
- Jaramillo, G., & Zapata, L. (2008). *APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS EN COLOMBIA*. Obtenido de Universidad de Antioquia: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>

- Jordán, L., Veiky, C., & Plaza, P. (16 de marzo de 2017). *ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL CANTÓN BALZAR- PROVINCIA DEL GUAYAS*. Obtenido de Universidad Católica de Santiago de Guayaquil: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/7969/1/T-UCSG-PRE-ECO-ADM-374.pdf>
- Julca, A., Meneses, L., Blas, R., & Bello, S. (2006). MATERIA ORGÁNICA, IMPORTANCIA Y EXPERIENCIAS DE SU USO EN LA AGRICULTURA. *Scielo*, 49-61. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v24n1/art09.pdf>
- López, A. (mayo de 2017). *GESTIÓN DEL CONTENIDO RUMINAL PRODUCIDO EN LA EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE RASTRO QUITO A TRAVÉS DE PILAS COMPOSTERAS Y SU FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE IMPLEMENTACIÓN*. Obtenido de Escuela Politécnica Nacional: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17489/1/CD-7990.pdf>
- López, A., Robles, C., Velasco, V., Ruiz, J., Enríquez, J., & Rodríguez, G. (2015). Propiedades físicas, químicas y biológicas de tres residuos agrícolas compostados. *Ciencia ergo sum*, 145-152. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/104/10439327005.pdf>
- Luna, A., García, M., Rodríguez, E., & Pimienta, E. (2015). Calidad agronómica de composta con residuos de cítricos. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*, 354-361. Obtenido de [https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Ciencias\\_Naturales\\_y\\_Agropecuarias/vol2num3/Ciencias%20Naturales%20y%20Agropecuarias%20Vol%20%20Num%203%20Final\\_1.pdf](https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Ciencias_Naturales_y_Agropecuarias/vol2num3/Ciencias%20Naturales%20y%20Agropecuarias%20Vol%20%20Num%203%20Final_1.pdf)
- Luna, M., & Mesa, J. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Agroecosistemas*, 31-40. Obtenido de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/84/115>
- Marmolejo, L., Pérez, A., Torres, P., Cajigas, A., & Cruz, C. (2010). *Aprovechamiento de los residuos sólidos generados en pequeñas industrias de almidón agrario de yuca*. Obtenido de Universidad del Valle: <http://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd20/7/marm20104.htm>
- Martínez, P., García, G., Sánchez, G., & Vargas, C. (2014). EVALUACIÓN PRELIMINAR DE ACTIVADORES BIOLÓGICOS PARA EL COMPOSTAJE DE RESIDUOS DE TOMATE. *AIDIS*, 217-227. Obtenido de <http://revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/46816/42202>
- Mayorga, E. (2016). *Aceleración y descomposición de sustratos orgánicos en la elaboración de compost mediante el uso de diferentes sustancias (azúcar, melaza, caña de azúcar)*. Obtenido de Universidad Estatal de Quevedo: <http://190.15.134.12/bitstream/43000/1643/1/T-UTEQ-0028.pdf>
- Meléndez, G., & Soto, G. (2003). *TALLER DE ABONOS ORGÁNICOS*. Obtenido de Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica (CIA): [https://www.academia.edu/33243143/Memoria\\_Taller\\_Abonos\\_Org%C3%A1nicos](https://www.academia.edu/33243143/Memoria_Taller_Abonos_Org%C3%A1nicos)

- Navarro, P., Moral, H., Gómez, L., & Mataix, B. (2010). *RESIDUOS ORGÁNICOS Y AGRICULTURA*. Obtenido de Universidad de Alicante: [https://www.researchgate.net/profile/Jose\\_NavarroPedreno2/publication/235941169\\_Residuos\\_organicos\\_y\\_agricultura/links/02e7e515e8998b0bdb000000/Residuos-organicos-y-agricultura.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jose_NavarroPedreno2/publication/235941169_Residuos_organicos_y_agricultura/links/02e7e515e8998b0bdb000000/Residuos-organicos-y-agricultura.pdf)
- Normalización, I. N. (2004). *NCh2880.Of2004*. Obtenido de Norma Chilena: [http://www.sian.inia.gob.ve/congresos\\_externos/compostaje\\_normalizacion/BIBLIOGRAFIA/Bib\\_Norma\\_Chilena\\_Oficial.pdf](http://www.sian.inia.gob.ve/congresos_externos/compostaje_normalizacion/BIBLIOGRAFIA/Bib_Norma_Chilena_Oficial.pdf)
- OPS. (2010). *GUÍA DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS*. Obtenido de [https://www.academia.edu/23969592/ANEXO\\_2\\_GU%C3%8DA\\_PARA\\_CARACTERIZACI%C3%93N\\_DE\\_RESIDUOS\\_S%C3%93LIDOS\\_DOMICILIARIOS](https://www.academia.edu/23969592/ANEXO_2_GU%C3%8DA_PARA_CARACTERIZACI%C3%93N_DE_RESIDUOS_S%C3%93LIDOS_DOMICILIARIOS)
- Pacheco, F., Borrero, G., & Villalobos, M. (octubre de 2017). *Evaluación de la calidad bioquímica resultante de biofermentos agrícolas para uso de familias productoras orgánicas*. Obtenido de Centro Nacional Especializado en Agricultura Orgánica (CNEAO) : <http://agroecologia.org/wp-content/uploads/2017/11/biofermentos-APROZONOC-INA.pdf>
- Partanen, P., Hultman, J., Paulin, L., Auvinen, P., & Romantschuk, M. (29 de marzo de 2010). *Bacterial diversity at different stages of the composting process*. Obtenido de BMC Microbiology: <https://bmcmicrobiol.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/1471-2180-10-94>
- Penagos, J., Buzón, J., Aguas, D., & Molina, E. (25 de julio de 2011). Reducción de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia por medio del Compostaje Líquido. *INGENIARE*, 37-44. Obtenido de <https://pdfs.semanticscholar.org/0a29/28753255174b05bfc7050db10d626c3d61b5.pdf>
- Perdomo, C., & Barbazán, M. (2010). *Nitrógeno*. Obtenido de Universidad de la República: <http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/publica/Tomo%20N.pdf>
- Poveda, E. (diciembre de 2013). Suero lácteo, generalidades y potencial uso como fuente de calcio de alta biodisponibilidad. *Revista Chilena de Nutrición*, 40(4), 397-403. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/469/46929416011.pdf>
- Proaño, A. (Noviembre de 2015). *Evaluación del uso de biofermento de harinas con aplicación foliar y al suelo en tres tipos de lechuga*. Obtenido de Escuela Agrícola Panamericana: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4619/1/CPA-2015-072.pdf>
- Prono, A. (septiembre de 2016). *Desarrollo y Verificación Experimental de Herramientas de Modelado y Simulación de Procesos de Conversión Biológica de Residuos Sólidos Urbanos*. Obtenido de Universidad Nacional del Litoral: <http://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8080/tesis/bitstream/handle/11185/894/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Puerta, S. (2004). Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos. *LASALLISTA DE INVESTIGACIÓN*, 56-65. Obtenido de

<http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/178/1/056-65%20Los%20residuos%20s%C3%B3lidos%20municipales%20acondicionadores%20del%20suelo.pdf>

- Ramos, D., & Elein, T. (Octubre de 2014). GENERALIDADES DE LOS ABONOS ORGÁNICOS: IMPORTANCIA DEL BOCASHI COMO ALTERNATIVA NUTRICIONAL PARA SUELOS Y PLANTAS. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 52-59. Obtenido de Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas: <http://www.redalyc.org/pdf/1932/193232493007.pdf>
- Röben, E. (2002). *Manual de Compostaje para Municipios*. Obtenido de <http://www.web-resol.org/Cartilha7/ManualCompostajeparaMunicipios.pdf>
- Robles, F., Leyva, G., Zapien, J., & Colomer, F. (2010). *MONITOREO Y ANÁLISIS DEL PROCESO DE COMPOSTAJE EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN LA CIUDAD DE MÉXICO*. Obtenido de 3° Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos: <http://www.redisa.net/doc/artSim2010/Tratamiento/Monitoreo%20y%20an%C3%A1lisis%20del%20proceso%20de%20compostaje%20en%20una%20planta%20de%20tratamiento%20de%20residuos%20s%C3%B3lidos%20org%C3%A1nicos.pdf>
- Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de Compostaje del Agricultor Experiencias en América Latina*. Recuperado de FAO: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Sáez, A., & Urdaneta, J. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*, 121-135. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/737/73737091009.pdf>
- Sánchez, D., & Fraire, A. (2015). *Cuantificación de Coliformes totales en pilas de compostaje*. Obtenido de Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco: [https://www.ecorfan.org/actas/educacion\\_ambiental\\_II/ACTA-Educacion-Ambiental-desde-la-Innovacion-Tomo-2-59-65.pdf](https://www.ecorfan.org/actas/educacion_ambiental_II/ACTA-Educacion-Ambiental-desde-la-Innovacion-Tomo-2-59-65.pdf)
- Sarkara, S., Pala, S., & Chanda, S. (2015). *Optimization of a Vegetable Waste Composting Process with a Significant Thermophilic Phase*. Obtenido de ScienceDirect.
- Silva, J., López, P., & Valencia, P. (2013). *RECUPERACIÓN DE NUTRIENTES EN FASE SÓLIDA A TRAVÉS DEL COMPOSTAJE*. Obtenido de Universidad del Valle: <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/compostaje.pdf>
- SIPAF. (2014). *GUÍA TÉCNICA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS A TRAVÉS DE METODOLOGÍAS DE COMPOSTAJE Y LOMBRICULTURA*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia: [http://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP\\_SR.pdf](http://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf)
- Storino, F. (2017). *Compostaje descentralizado de residuos orgánicos domiciliarios a pequeña escala: Estudio del proceso y del producto obtenido*. Obtenido de Universidad Pública de Navarrea:

- <http://www.compostaenred.org/documentacion/TESIS%20Francesco%20Storino.pdf>
- Struve, C. (2015). "MODELO DE GESTIÓN PARTICIPATIVA DEL DESARROLLO TURÍSTICO COMUNITARIO EN LA PARROQUIA DE LLOA". Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/10570>
- Suaña, M. (2013). *Compostaje de residuos orgánicos y de lenteja de agua (Lemna sp.) con aplicación de microorganismos eficaces*. Obtenido de Universidad Nacional del Altiplano: <http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/446/EPG429-00429-01.pdf?sequence=1>
- Sztern, D., & Pravia, M. (2013). *MANUAL PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOST BASES CONCEPTUALES Y PROCEDIMIENTOS*. Obtenido de ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD: <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/compost.pdf>
- Tchobanoglous, G. (1994). *Gestión integral de residuos sólidos*. España: McGraw-Hill. Obtenido de <https://www.urbe.edu/UDWLibrary/InfoBook.do?id=4451>
- Toro, F. (2014). *Efecto de 4 tipos de activadores biológicos locales en la calidad del compost en la comunidad de Corpa Municipio de Tianahuaco Provincia Ingavi Departamento La Paz*. Recuperado de <http://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5368/T1967-.pdf?-sequence=-1&isAllowed=y>
- Torres, R., Acosta, Á., & Chinchilla, C. (2012). *Proyecto comercial de compostaje de los desechos agroindustriales de la palma aceitera*. Obtenido de PALMAS: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1103/1103>
- Tovar, F. (2013). *DETERMINACIÓN DE LAS CURVAS DE TEMPERATURA DE MEZCLAS DE RESTOS DE PODA DE JARDINERÍA PÚBLICA Y ESTIÉRCOL DE VACA PARA SU COMPOSTAJE*. Obtenido de Escuela Politecnica Superior Orihuela: <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2050/1/TFM%20Tovar%20Mart%C3%ADnez%2C%20Francisca.pdf>
- Villa, F. (2013). *Producción y gestión del compost*. Obtenido de DIGITAL.CSIC: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/16792/1/2000%20Compost%20CIEMAT.pdf>

## **ANEXOS**



**ANEXO 1**  
**LISTADO DE MIEMBROS DE LA ASOCIACIÓN ASOCRUZLOMA**

**Figura A: Listado de personas de ASOCRUZLOMA**

Nombre y Apellido	Teléfono	N° de Vivienda	Representante	N° de miembros por vivienda
Eva León	099690018	# 1	Rosario Cajamarca.	3
Rosario Cajamarca.	0995050679.	# 2	Rosario Cajamarca.	2.
Laura Moreno	0982037818	#3	Laura Moreno	4
Michelle Ordóñez	0999778599	#4	Michelle Ordóñez	4
Carmen Moreno	0973893605	#5	Carmen Moreno	4
Silvia Quinga	3 150 431	#6	Silvia Quinga	4
Soledad Moreno	2585939	#7	<del>Soledad Moreno</del>	3
Delfino Agapito		#8	Delfino Agapito	2
Mary Educaño		#9	Mary Educaño	4
Rebeca Espinoza	0995311169	#10	Rebeca Espinoza	2
María Pachacama		#11	María Pachacama	1
Segundo Chiriquo	0983885704	#12	Segundo Chiriquo	6
Isabel Yapo		#13	Isabel Yapo	6

Nombre y Apellido	Teléfono	N° de Vivienda	Representante	N° de miembros por vivienda
Fabiola Moreno	0979165072	#14	Fabiola Moreno	4
Lina Guachan Palaco	0999030887	#15	Sra Nancy Chicaiz	
Consuelo León	0999842014	#16	Consuelo León	4
Amelia Moreno.		#17	Amelia Moreno.	2
Ricardo Olalla.	0987428430.	#18	Ricardo Olalla.	1
Verónica Cajamarca	0996460199	#19	Hilda Moreno	4
Hilda Moreno		#20	Hilda Moreno	3

**ANEXO 2**

**REGISTRO DE LAS TEMPERATURAS TOMADAS DOS VECES A LA SEMANA  
DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE**

**Tabla A: Temperaturas de las pilas durante 15 semanas**

Temperatura												
	FA(1:1)	FA(1:2)	FA(1:3)	SL(1:1)	SL(1:2)	SL(1:3)	EMA(1:1)	EMA(1:2)	EMA(1:3)	BC	BM	BMD
6/05/2019	24	23	25	22	24	24	23	25	23	22	22	21
9/05/2019	37	28	25	27	30	33	45	29	28	30	25	30
13/05/2019	33	29	27	25	28	32	40	28	27	25	30	33
16/05/2019	24	22	18	20	18	20	25	20	19	20	21	22
20/05/2019	21	21	18	19	18	18	23	18	18	19	20	21
22/05/2019	21	19	19	19	21	21	22	21	20	19	20	20
27/05/2019	19	21	20	20	21	20	25	21	20	19	21	21
30/05/2019	19	19	19	21	20	21	23	20	21	19	22	20
3/06/2019	20	23	20	22	21	21	23	21	20	20	22	21
6/06/2019	20	23	20	22	21	21	23	21	20	20	22	21
10/06/2019	18	19	18	19	20	19	19	20	18	17	21	19
13/06/2019	17	15	16	18	17	17	19	17	18	18	18	17
17/06/2019	19	19	17	20	19	18	18	19	18	19	19	18
20/06/2019	17	16	16	18	18	16	17	17	17	16	17	16
24/06/2019	14	14,5	15	15	15,5	16	15	15	15	16	16,5	16
27/06/2019	15	16,5	16	16	16	16	16	17	16	16	16,5	16
1/07/2019	15	16	15	16	16	15	15	16	15	16	18	16
4/07/2019	16	17	16	15	17	16	16	17	17	15,5	16	16
8/07/2019	13,5	14	14	13,5	14,5	14	15	15	15	15,5	16	15,5
11/07/2019	13	14	14	14	14	15	14	14,5	15	15,5	15	15
15/07/2019	14	15,5	15	15	15	15	14,5	14,5	15	15,5	16	16
18/07/2019	14,5	15	14,5	14,5	14	14	15	15	14	16	16	15,5
22/07/2019	15,5	15,5	16	15,5	16	14,5	15	15	15	15,5	16	16
25/07/2019	15,5	16	16	15	15	15	15,5	15,5	15	16,5	17	16,5
29/07/2019	15,5	16	15,5	15,5	15	15	14,5	15	15	16	16	16
1/08/2019	15	15	15,5	15	15,5	15	14,5	14	14,5	16	16	16
5/08/2019	15	15	15	15,5	15,5	15,5	14	14,5	14	16	16,3	16
8/08/2019	15	15,5	15,5	15	15,5	15,5	14	14,5	14	16	16,5	16
15/08/2019	16	16,5	16	16	16,5	16	15	15	15	16,5	16,5	16,5

### **ANEXO 3**

**REGISTRO DE LA HUMEDAD TOMADA DOS VECES A LA SEMANA  
DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE**

**Tabla B: Humedad de las pilas durante 15 semanas**

Humedad												
	FA(1:1)	FA(1:2)	FA(1:3)	SL(1:1)	SL(1:2)	SL(1:3)	EMA(1:1)	EMA(1:2)	EMA(1:3)	BC	BM	BMD
6/05/2019	79,25	78,44	71,96	82,05	82,86	60,37	76,60	72,74	71,40	73,54	79,78	78,02
9/05/2019	75,61	80,02	71,80	74,33	76,17	67,36	67,03	68,86	70,41	66,93	72,28	77,10
13/05/2019	71,20	68,26	69,26	72,26	69,09	60,68	68,87	71,78	72,53	66,60	62,44	66,77
16/05/2019	72,09	74,55	76,00	77,04	74,56	67,89	69,29	73,10	75,69	70,86	76,92	71,46
20/05/2019	72,46	75,47	80,32	70,96	78,14	74,75	65,45	74,68	77,17	70,71	74,24	69,74
22/05/2019	69,32	77,50	70,89	74,93	71,68	66,54	66,54	69,92	73,81	69,32	64,61	69,72
27/05/2019	77,39	71,43	71,06	71,91	74,01	59,25	61,03	71,84	70,12	63,84	66,37	66,07
30/05/2019	68,90	70,11	70,99	62,82	59,45	61,48	61,71	67,82	67,30	73,38	70,93	66,34
3/06/2019	68,90	73,88	68,96	71,29	71,87	63,21	64,55	58,45	65,32	62,54	69,52	64,98
6/06/2019	69,78	67,19	69,83	66,86	57,49	61,17	57,50	59,40	60,53	69,87	63,57	70,34
10/06/2019	71,51	70,62	61,99	69,16	65,27	64,31	58,09	63,03	56,97	64,48	61,84	62,21
13/06/2019	66,37	69,43	61,24	59,46	65,71	55,08	56,25	59,20	50,64	70,80	61,75	62,14
17/06/2019	69,97	52,04	60,46	62,10	61,02	58,83	49,60	67,20	57,39	63,82	63,37	61,55
20/06/2019	66,70	62,11	43,79	58,92	55,85	53,43	54,55	60,10	57,80	63,51	61,34	57,68
24/06/2019	57,53	55,24	55,89	61,04	56,85	55,69	54,08	56,43	51,88	58,23	58,67	54,00
27/06/2019	57,10	52,19	55,52	52,58	48,90	46,71	41,67	53,13	43,82	57,36	58,52	56,39
1/07/2019	54,22	56,69	48,15	50,45	54,20	51,73	43,84	50,79	49,21	53,39	56,32	50,25
4/07/2019	51,14	58,44	53,37	53,20	49,20	46,83	47,27	50,20	45,98	51,35	53,03	53,79
8/07/2019	55,75	42,84	51,85	55,19	45,56	45,90	44,94	47,50	48,51	55,37	51,83	49,75
11/07/2019	53,67	47,97	46,87	49,25	45,47	47,97	42,70	56,03	40,32	52,00	50,15	46,68
15/07/2019	53,35	44,77	39,76	44,01	41,26	46,47	42,57	51,94	35,92	49,01	52,84	45,53
18/07/2019	46,11	39,46	36,96	43,61	38,00	36,55	35,76	45,12	38,66	48,61	46,40	43,18
22/07/2019	61,49	44,12	39,52	44,76	39,72	43,07	34,13	41,79	31,74	54,39	52,94	40,46
25/07/2019	48,51	39,52	42,91	37,80	41,66	44,96	33,17	42,02	34,47	53,49	49,16	44,77
29/07/2019	46,09	43,03	40,06	48,96	43,78	27,86	38,37	41,86	24,23	48,90	46,67	45,14
1/08/2019	50,20	42,45	40,36	45,50	45,02	35,06	41,45	46,77	41,62	49,40	47,50	48,36
5/08/2019	42,26	44,26	32,87	45,85	46,05	42,71	41,82	49,45	38,55	46,91	39,76	49,30
8/08/2019	45,20	37,08	41,25	48,20	44,28	42,26	36,40	45,98	32,80	48,06	42,19	42,06
15/08/2019	54,75	52,45	42,22	50,70	41,56	43,10	36,72	36,65	27,73	50,20	47,66	45,56

**ANEXO 4**

**REGISTRO DEL pH TOMADO DOS VECES A LA SEMANA DURANTE EL  
PROCESO DE COMPOSTAJE**





**Tabla C: pH de las pilas durante 15 días**

pH												
	A1C1	A1C2	A1C3	A2C1	A2C2	A2C3	A3C1	A3C2	A3C3	B1	B2	B3
6/05/2019	9,18	9,34	9,81	9,32	9,24	9,4	9,21	9,06	9,16	9,47	9,3	9,06
9/05/2019	9,58	9,57	9,71	9,59	9,47	9,43	9,48	9,3	9,4	9,47	9,4	9,2
13/05/2019	9,7	9,67	9,84	9,4	9,74	9,16	9,55	9,32	9,22	9,43	9,3	9,44
16/05/2019	9,11	9,2	9,43	9,31	9,09	9,14	9,19	9,08	9,23	9,09	9,12	9,18
20/05/2019	9,49	9,3	9,18	9,39	9,52	9,22	9,33	9,22	9,06	9,08	8,96	9,7
22/05/2019	9,52	9,42	9,61	9,71	9,63	9,44	9,45	9,51	9,33	9,43	9,36	9,49
27/05/2019	9,53	9,49	9,52	9,66	9,52	9,48	9,41	9,35	9,5	9,53	9,58	9,56
30/05/2019	9,64	9,53	9,83	9,49	9,79	9,5	9,72	9,71	9,7	9,73	9,72	9,79
3/06/2019	9,45	8,84	9,17	9,34	9,37	9,31	9,22	9,51	9,26	9,47	8,87	9,36
6/06/2019	9,25	9,4	9,62	9,39	9,41	9,05	9,52	9,7	9,41	9,6	9,35	9,44
10/06/2019	9,36	9,47	9,87	9,63	9,67	9,68	9,41	9,08	9,45	9,84	9,74	9,72
13/06/2019	9,91	9,48	9,96	9,56	9,84	9,81	9,74	9,65	9,75	9,52	9,69	9,81
17/06/2019	9,57	9,87	9,65	9,55	9,5	9,77	9,51	9,5	9,63	9,77	9,8	9,79
20/06/2019	9,15	9,77	10,04	9,72	9,68	10,03	9,85	9,85	9,83	10	9,92	9,85
24/06/2019	9,61	10,46	10,35	9,78	10,16	10,02	10,08	9,7	10,3	10,12	10	10,17
27/06/2019	9,84	9,67	10	10,21	10,01	9,99	9,75	9,6	9,78	9,92	10,01	9,87
1/07/2019	9,98	9,97	9,94	10,05	9,98	9,72	9,17	9,11	9,29	9,73	9,89	9,93
4/07/2019	10,14	9,74	10,18	10,08	10,26	9,69	9,36	9,53	9,72	9,53	9,71	9,82
8/07/2019	10,57	10,3	10,5	10,4	10,08	10,02	9,86	9,84	9,89	10,32	10,06	10,33
11/07/2019	9,91	9,86	9,86	9,51	10,18	9,38	9,48	9,42	9,71	9,81	9,45	9,78
15/07/2019	9,91	10,1	10,11	9,9	10,04	9,58	9,41	9,44	9,85	10,14	9,64	9,93
18/07/2019	9,8	9,46	10,01	10	10,19	9,97	9,15	9,26	9,7	9,63	9,47	9,91
22/07/2019	9,97	10,07	10,02	9,92	10	9,31	9,5	9,35	9,98	10	9,82	10,26
25/07/2019	9,06	9,41	9,73	9,52	9,72	8,95	9,34	9	9,23	9,66	9,76	9,77
29/07/2019	9,77	9,89	9,94	9,81	9,86	9,28	8,97	8,89	9,22	9,67	9,14	9,77
1/08/2019	9,72	9,95	9,87	9,73	9,65	9,43	8,99	8,92	9,06	9,71	9,4	9,67
5/08/2019	9,79	10,02	9,89	9,73	9,84	9,21	8,96	9,05	9,2	9,82	9,32	9,68
8/08/2019	9,81	9,97	10,01	9,99	9,96	9,95	9,46	8,96	9,01	10,2	10,1	10,15
15/08/2019	9,3	9,22	9,25	9,2	9,22	8,72	8,69	8,67	8,81	9,34	9,32	9,33

**ANEXO 5**  
**RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE NT REALIZADO POR EL LABORATORIO**  
**DEL INIAP**

## Figura B: Resultados de NT de las 12 pilas de compostaje

	<p>ESTACIÓN EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"          DEPARTAMENTO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS          LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS          Panamericana sur Km. 1. Apartado 17-01-340          Teléfono: 3007284. Email: laboratorio.dmsa@iniap.gob.ec          Mejía -Ecuador</p>	
---	--	---

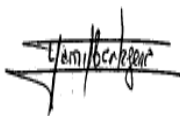
### REPORTE DE ANÁLISIS DE ABONOS ORGÁNICOS

<p><b>DATOS DEL PROPIETARIO</b></p> <p>Nombre : Gianni Defaz          Dirección : Pichincha          Ciudad :          Teléfono : 0995148047          Fax :</p>	<p><b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b></p> <p>Nombre : San Francisco de Cruz Loma          Provincia : Pichincha          Cantón : Quito          Parroquia : Lloa          Ubicación :</p>	<p><b>PARA USO DEL LABORATORIO</b></p> <p>No. Muestra Lab. : 1263-1274          Fecha de Muestreo : 27/08/2019          Fecha de Ingreso : 27/08/2019          Fecha de Salida : 05/09/2019</p>
---	--	---

No. Muestra Lab.	Identificación de la muestra	g/100 ml										ppm					pH	C/N	
		N Total	P	K	Ca	Mg	S	M.O.	C.E	H	B	Zn	Cu	Fe	Mn	C.O			
1263	A1C1	1.90																	
1264	A1C2	1.76																	
1265	A1C3	1.73																	
1266	A2C1	1.42																	

NOTA: pH y C.E al 10%.

Unidades	Método
g/100 ml : gramos/100 mili litros = % : porcentaje	pH : Potenciométrico
mg/l : miligramos/litro = ppm : partes por millón.	C.E: Conductimétrico
dS/m : deciSiemens/metro = mmhos/cm : milimhos/centimetro.	M.O.: Calcificación.
	H: Humedad



RESPONSABLE DEL LABORATORIO



LABORATORISTA



ESTACIÓN EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"  
 DEPARTAMENTO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS  
 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS  
 Panamericana sur Km. 1. Apartado 17-01-340  
 Teléfono: 3007284. Email: laboratorio.dmsa@iniap.gob.ec  
 Mejía -Ecuador



#### REPORTE DE ANÁLISIS DE ABONOS ORGÁNICOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
Nombre	: Gianni Defáz	Nombre	: San Francisco de Cruz Loma	No. Muestra Lab.	: 1263-1274
Dirección	: Pichincha	Provincia	: Pichincha	Fecha de Muestreo	: 27/08/2019
Ciudad	:	Cantón	: Quito	Fecha de Ingreso	: 27/08/2019
Teléfono	: 0995148047	Parroquia	: Lloa	Fecha de Salida	: 05/09/2019
Fax	:	Ubicación	:		



1267	A2C2	1.39																	
1268	A2C3	1.20																	
1269	A3C1	1.65																	
1270	A3C2	1.18																	
1271	A3C3	1.12																	
1272	B1	1.60																	

NOTA: pH y C.E al 10%

Unidades	Método
g/100 ml : gramos/100 mili litros = % : porcentaje	pH : Potenciométrico
mg/l : miligramos/litro = ppm : partes por millón.	C.E: Conductimétrico
dS/m : deciSiemens/metro = mmhos/cm : milimhos/centímetro.	M.O.: Calcinación.
	H: Humedad

RESPONSABLE DEL LABORATORIO

LABORATORISTA

	<p><b>ESTACIÓN EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"</b>  <b>DEPARTAMENTO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS</b>  <b>LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS</b>          Panamericana sur Km. 1. Apartado 17-01-340          Teléfono: 3007284. Email: laboratorio.dmsa@iniap.gob.ec          Mejía -Ecuador</p>	
---	---	---

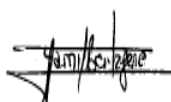
**REPORTE DE ANÁLISIS DE ABONOS ORGÁNICOS**

<p style="text-align: center;"><b>DATOS DEL PROPIETARIO</b></p> <p>Nombre : Gianni Defaz          Dirección : Pichincha          Ciudad :          Teléfono : 0995148047          Fax :</p>	<p style="text-align: center;"><b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b></p> <p>Nombre : San Francisco de Cruz Loma          Provincia : Pichincha          Cantón : Quito          Parroquia : Lloa          Ubicación :</p>	<p style="text-align: center;"><b>PARA USO DEL LABORATORIO</b></p> <p>No. Muestra Lab. : 1263-1274          Fecha de Muestreo : 27/08/2019          Fecha de Ingreso : 27/08/2019          Fecha de Salida : 05/09/2019</p>
---	--	---

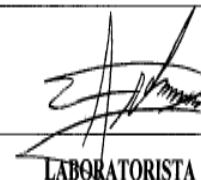
1273	B2	1.56																	
1274	B3	1.73																	

NOTA: pH y C.E al 10%.

Unidades	Método
g/100 ml : gramos/100 mili litros = % : porcentaje	pH : Potenciométrico
mg/l : miligramos/litro = ppm : partes por millón.	C.E: Conductimétrico
dS/m : deciSiemens/metro = mmhos/cm : milimhos/centímetro.	M.O.: Calcínación.
	H: Humedad



RESPONSABLE DEL LABORATORIO



LABORATORISTA

## **ANEXO 6**

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE COLIFORMES REALIZADO POR EL  
LABORATORIO DEL CICAM**

## Figura C: Resultados de coliformes de cada una de las 12 pilas de compostaje



ESCUELA  
POLITÉCNICA  
NACIONAL

### ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253

Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec

Quito – Ecuador



**CICAM**  
Centro de Investigación y Control Ambiental

### INFORME DE RESULTADOS

Quito, 06 de septiembre de 2019

No. IRI19-348

Ref. ST19-142

#### DATOS DE CLIENTE

Solicitado por: Henry Gualoto

Atención: -

Dirección: Zambiza

Identificación de la muestra: AIC1

Fecha de recolección: 2019-08-27

Responsable del muestreo: Cliente

Teléfono: 995148047

Origen/lugar de muestreo: San Francisco de Cruz Loma

Tipo de muestra: Suelo

Tipo de envase: Plástico

Llegó refrigerada: Sí

Se utilizó preservante: No

#### LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: MI-19-348

Fecha de ingreso al Laboratorio: 2019-08-27

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
(*) Coliformes fecales	NMP/g	<3	2019-08-30	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
(*) Coliformes totales	NMP/g	2,3x10 <sup>2</sup>	2019-08-28	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples

**NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO**

Los ensayos marcados con (\*) no están dentro del alcance de acreditación

NOTA: La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por: Jairo Jimpikit  
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro  
RESPONSABLE DE LABORATORIO



ESCUELA  
POLITÉCNICA  
NACIONAL

**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**  
**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253

Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec

Quito – Ecuador



**CICAM**  
Centro de Investigación y Control Ambiental

**INFORME DE RESULTADOS**

Quito, 06 de septiembre de 2019

No. IRI19-349

Ref. ST19-142

**DATOS DE CLIENTE**

Solicitado por: Henry Gualoto

Atención: -

Dirección: Zambiza

Identificación de la muestra: A1C2

Fecha de recolección: 2019-08-27

Responsable del muestreo: Cliente

Teléfono: 995148047

Origen/lugar de muestreo: San Francisco de Cruz Loma

Tipo de muestra: Suelo

Tipo de envase: Plástico

Llegó refrigerada: Si

Se utilizó preservante: No

**LABORATORIO**

Número de ingreso al laboratorio: MI-19- 349

Fecha de ingreso al Laboratorio: 2019-08-27

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
(*) Coliformes fecales	NMP/g	<3	2019-08-30	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
(*) Coliformes totales	NMP/g	4,3x10 <sup>2</sup>	2019-08-28	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples

**NOTA: ESTE INFORME SÓLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO**

Los ensayos marcados con (\*) no están dentro del alcance de acreditación

**NOTA:** La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por: Jairo Jimpikit  
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro  
RESPONSABLE DE LABORATORIO





ESCUELA  
POLITÉCNICA  
NACIONAL

**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**  
**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253

Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec

Quito – Ecuador



**CICAM**  
Centro de Investigación y Control Ambiental

**INFORME DE RESULTADOS**

Quito, 06 de septiembre de 2019

**DATOS DE CLIENTE**

Solicitado por: Henry Gualoto

Atención: -

Dirección: Zambiza

Identificación de la muestra: AIC3

Fecha de recolección: 2019-08-27

Responsable del muestreo: Cliente

No. IRI19-350

Ref. ST19-142

Teléfono: 995148047

Origen/lugar de muestreo: San Francisco de Cruz Loma

Tipo de muestra: Suelo

Tipo de envase: Plástico

Llegó refrigerada: Si

Se utilizó preservante: No

**LABORATORIO**

Número de ingreso al laboratorio: MI-19- 350

Fecha de ingreso al Laboratorio: 2019-08-27

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
(*) Coliformes fecales	NMP/g	<3	2019-08-30	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
(*) Coliformes totales	NMP/g	9,2x10 <sup>1</sup>	2019-08-28	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples

**NOTA: ESTE INFORME SÓLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO**

Los ensayos marcados con (\*) no están dentro del alcance de acreditación

NOTA: La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por: Jairo Jimpikit  
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro  
RESPONSABLE DE LABORATORIO



ESCUELA  
POLITÉCNICA  
NACIONAL

**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**  
**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253

Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec

Quito – Ecuador



**CICAM**  
Centro de Investigación y Control Ambiental

**INFORME DE RESULTADOS**

Quito, 06 de septiembre de 2019

**DATOS DE CLIENTE**

Solicitado por: Henry Gualoto

Atención: -

Dirección: Zambiza

Identificación de la muestra: A2C1

Fecha de recolección: 2019-08-27

Responsable del muestreo: Cliente

No. IRI19-351

Ref. ST19-142

Teléfono: 995148047

Origen/lugar de muestreo: San Francisco de Cruz Loma

Tipo de muestra: Suelo

Tipo de envase: Plástico

Llegó refrigerada: Si

Se utilizó preservante: No

**LABORATORIO**

Número de ingreso al laboratorio: MI-19- 351

Fecha de ingreso al Laboratorio: 2019-08-27

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
(*) Coliformes fecales	NMP/g	<3	2019-08-30	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
(*) Coliformes totales	NMP/g	1,5x10 <sup>2</sup>	2019-08-28	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples

**NOTA: ESTE INFORME SÓLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO**

Los ensayos marcados con (\*) no están dentro del alcance de acreditación

NOTA: La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por: Jairo Jimpikit  
**RESPONSABLE TÉCNICO**



Aprobado por: MSc. Carola Fierro  
**RESPONSABLE DE LABORATORIO**



ESCUELA  
POLITÉCNICA  
NACIONAL

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253

Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec

Quito – Ecuador



**CICAM**  
Centro de Investigación y Control Ambiental

**INFORME DE RESULTADOS**

Quito, 06 de septiembre de 2019

**DATOS DE CLIENTE**

Solicitado por: Henry Gualoto

Atención: -

Dirección: Zambiza

Identificación de la muestra: A2C2

Fecha de recolección: 2019-08-27

Responsable del muestreo: Cliente

No. IRI19-352

Ref. ST19-142

Teléfono: 995148047

Origen/lugar de muestreo: San Francisco de Cruz Loma

Tipo de muestra: Suelo

Tipo de envase: Plástico

Llegó refrigerada: Si

Se utilizó preservante: No

**LABORATORIO**

Número de ingreso al laboratorio: MI-19- 352

Fecha de ingreso al Laboratorio: 2019-08-27

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
(*) Coliformes fecales	NMP/g	<3	2019-08-30	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
(*) Coliformes totales	NMP/g	4,3x10 <sup>2</sup>	2019-08-28	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples

**NOTA: ESTE INFORME SÓLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO**

Los ensayos marcados con (\*) no están dentro del alcance de acreditación

**NOTA:** La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por: Jairo Jimpikit  
**RESPONSABLE TÉCNICO**



Aprobado por: MSc. Carola Fierro  
**RESPONSABLE DE LABORATORIO**





ESCUELA  
POLITÉCNICA  
NACIONAL

**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**  
**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253

Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec

Quito – Ecuador



**CICAM**  
Centro de Investigación y Control Ambiental

**INFORME DE RESULTADOS**

Quito, 06 de septiembre de 2019

**DATOS DE CLIENTE**

Solicitado por: Henry Gualoto

Atención: -

Dirección: Zambiza

Identificación de la muestra: A2C3

Fecha de recolección: 2019-08-27

Responsable del muestreo: Cliente

No. IRI19-353

Ref. ST19-142

Teléfono: 995148047

Origen/lugar de muestreo: San Francisco de Cruz Loma

Tipo de muestra: Suelo

Tipo de envase: Plástico

Llegó refrigerada: Si

Se utilizó preservante: No

**LABORATORIO**

Número de ingreso al laboratorio: MI-19- 353

Fecha de ingreso al Laboratorio: 2019-08-27

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
(*) Coliformes fecales	NMP/g	3,6x10 <sup>1</sup>	2019-08-30	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
(*) Coliformes totales	NMP/g	2,3x10 <sup>2</sup>	2019-08-28	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples

**NOTA: ESTE INFORME SÓLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO**

Los ensayos marcados con (\*) no están dentro del alcance de acreditación

**NOTA:** La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por: Jairo Jimpikit  
**RESPONSABLE TÉCNICO**



Aprobado por: MSc. Carola Fierro  
**RESPONSABLE DE LABORATORIO**



ESCUELA  
POLITÉCNICA  
NACIONAL

**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253

Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec

Quito – Ecuador



**CICAM**  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

**INFORME DE RESULTADOS**

Quito, 06 de septiembre de 2019

**DATOS DE CLIENTE**

Solicitado por: Henry Gualoto

Atención: -

Dirección: Zambiza

Identificación de la muestra: A3C1

Fecha de recolección: 2019-08-27

Responsable del muestreo: Cliente

No. IRI19-354

Ref. ST19-142

Teléfono: 995148047

Origen/lugar de muestreo: San Francisco de Cruz Loma

Tipo de muestra: Suelo

Tipo de envase: Plástico

Llegó refrigerada: Si

Se utilizó preservante: No

**LABORATORIO**

Número de ingreso al laboratorio: MI-19- 354

Fecha de ingreso al Laboratorio: 2019-08-27

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
(*) Coliformes fecales	NMP/g	$3,6 \times 10^1$	2019-08-30	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
(*) Coliformes totales	NMP/g	$9,2 \times 10^1$	2019-08-28	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples

**NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO**

Los ensayos marcados con (\*) no están dentro del alcance de acreditación

NOTA: La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por: Jairo Jimpikit  
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro  
RESPONSABLE DE LABORATORIO



ESCUELA  
POLITÉCNICA  
NACIONAL

**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**  
**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253

Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec

Quito – Ecuador



**CICAM**  
Centro de Investigación y Control Ambiental

**INFORME DE RESULTADOS**

Quito, 06 de septiembre de 2019

**DATOS DE CLIENTE**

Solicitado por: Henry Gualoto

Atención: -

Dirección: Zambiza

Identificación de la muestra: A3C2

Fecha de recolección: 2019-08-27

Responsable del muestreo: Cliente

No. IRI19-355

Ref. ST19-142

Teléfono: 995148047

Origen/lugar de muestreo: San Francisco de Cruz Loma

Tipo de muestra: Suelo

Tipo de envase: Plástico

Llegó refrigerada: Si

Se utilizó preservante: No

**LABORATORIO**

Número de ingreso al laboratorio: MI-19- 355

Fecha de ingreso al Laboratorio: 2019-08-27

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
(*) Coliformes fecales	NMP/g	<3	2019-08-30	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
(*) Coliformes totales	NMP/g	1,5x10 <sup>3</sup>	2019-08-28	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples

**NOTA: ESTE INFORME SÓLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO**

Los ensayos marcados con (\*) no están dentro del alcance de acreditación

NOTA: La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por: Jairo Jimpikit  
**RESPONSABLE TÉCNICO**



Aprobado por: MSc. Carola Fierro  
**RESPONSABLE DE LABORATORIO**





ESCUELA  
POLITÉCNICA  
NACIONAL

**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253

Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec

Quito – Ecuador



**CICAM**  
Centro de Investigación y Control Ambiental

**INFORME DE RESULTADOS**

Quito, 06 de septiembre de 2019

**DATOS DE CLIENTE**

Solicitado por: Henry Gualoto

Atención: -

Dirección: Zambiza

Identificación de la muestra: A3C3

Fecha de recolección: 2019-08-27

Responsable del muestreo: Cliente

No. IRI19-356

Ref. ST19-142

Teléfono: 995148047

Origen/lugar de muestreo: San Francisco de Cruz Loma

Tipo de muestra: Suelo

Tipo de envase: Plástico

Llegó refrigerada: Si

Se utilizó preservante: No

**LABORATORIO**

Número de ingreso al laboratorio: MI-19- 356

Fecha de ingreso al Laboratorio: 2019-08-27

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
(*) Coliformes fecales	NMP/g	<3	2019-08-30	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
(*) Coliformes totales	NMP/g	1,5x10 <sup>2</sup>	2019-08-28	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples

**NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO**

Los ensayos marcados con (\*) no están dentro del alcance de acreditación

NOTA: La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por: Jairo Jimpikit  
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro  
RESPONSABLE DE LABORATORIO



ESCUELA  
POLITÉCNICA  
NACIONAL

## ESCUELA POLITECNICA NACIONAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253

Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec

Quito – Ecuador



**CICAM**  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

### INFORME DE RESULTADOS

Quito, 06 de septiembre de 2019

#### DATOS DE CLIENTE

Solicitado por: Henry Gualoto

Atención: -

Dirección: Zambiza

Identificación de la muestra: B1

Fecha de recolección: 2019-08-27

Responsable del muestreo: Cliente

No. IRI19-357

Ref. ST19-142

Teléfono: 995148047

Origen/lugar de muestreo: San Francisco de Cruz Loma

Tipo de muestra: Suelo

Tipo de envase: Plástico

Llegó refrigerada: Si

Se utilizó preservante: No

#### LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: MI-19- 357

Fecha de ingreso al Laboratorio: 2019-08-27

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
(*) Coliformes fecales	NMP/g	<3	2019-08-30	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
(*) Coliformes totales	NMP/g	9,3x10 <sup>2</sup>	2019-08-28	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples

**NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO**

Los ensayos marcados con (\*) no están dentro del alcance de acreditación

**NOTA:** La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por: Jairo Jimpikit  
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro  
RESPONSABLE DE LABORATORIO





ESCUELA  
POLITÉCNICA  
NACIONAL

**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253

Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec

Quito – Ecuador



**CICAM**  
Centro de Investigación y Control Ambiental

**INFORME DE RESULTADOS**

Quito, 06 de septiembre de 2019

**DATOS DE CLIENTE**

Solicitado por: Henry Gualoto

Atención: -

Dirección: Zambiza

Identificación de la muestra: B2

Fecha de recolección: 2019-08-27

Responsable del muestreo: Cliente

No. IRI19-358

Ref. ST19-142

Teléfono: 995148047

Origen/lugar de muestreo: San Francisco de Cruz Loma

Tipo de muestra: Suelo

Tipo de envase: Plástico

Llegó refrigerada: Si

Se utilizó preservante: No

**LABORATORIO**

Número de ingreso al laboratorio: MI-19- 358

Fecha de ingreso al Laboratorio: 2019-08-27

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
(*) Coliformes fecales	NMP/g	<3	2019-08-30	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
(*) Coliformes totales	NMP/g	4,3x10 <sup>2</sup>	2019-08-28	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples

**NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO**

Los ensayos marcados con (\*) no están dentro del alcance de acreditación

NOTA: La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por: Jairo Jimpikit  
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro  
RESPONSABLE DE LABORATORIO



ESCUELA  
POLITÉCNICA  
NACIONAL

**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253

Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@cpn.edu.ec

Quito – Ecuador



**CICAM**  
Centro de Investigación y Control Ambiental

**INFORME DE RESULTADOS**

Quito, 06 de septiembre de 2019

No. JRI19-359

Ref. ST19-142

**DATOS DE CLIENTE**

Solicitado por: Henry Gualoto

Atención: -

Dirección: Zambiza

Identificación de la muestra: B3

Fecha de recolección: 2019-08-27

Responsable del muestreo: Cliente

Teléfono: 995148047

Origen/lugar de muestreo: San Francisco de Cruz Loma

Tipo de muestra: Suelo

Tipo de envase: Plástico

Llegó refrigerada: Si

Se utilizó preservante: No

**LABORATORIO**

Número de ingreso al laboratorio: MI-19- 359

Fecha de ingreso al Laboratorio: 2019-08-27

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
(*) Coliformes fecales	NMP/g	<3	2019-08-30	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples
(*) Coliformes totales	NMP/g	4,3x10 <sup>2</sup>	2019-08-28	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples

**NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO**

Los ensayos marcados con (\*) no están dentro del alcance de acreditación

NOTA: La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por: Jairo Jimpikit  
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro  
RESPONSABLE DE LABORATORIO