TUS/B012/1074/2015

09 DIC. 2015

UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"

FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA

"TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL MERCADO CENTRAL VIRGEN DE FÁTIMA HUARAZ - ANCASH, OPTIMIZANDO EL PROCESO DE COMPOSTAJE"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO SANITARIO

PRESENTADO POR:

Bach. ORTIZ PEREZ, DOMITILA ANDREA
Bach. GONZALES CHAVEZ, TERESA PAOLA

HUARAZ - ANCASH - PERÚ

SETIEMBRE - 2015

UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO SANITARIO

Los Miembros del Jurado Evaluador que suscriben, reunidos para la Ceremonia de Sustentación de la Tesis, que presenta la Señorita Bachiller: **TERESA PAOLA GONZALES CHAVEZ.**

Tesis Titulada: **"TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL MERCADO CENTRAL VIRGEN DE FÁTIMA HUARAZ – ANCASH, OPTIMIZANDO EL PROCESO DE COMPOSTAJE"**

Y atendida la exposición oral y oída las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas lo declaramos:

.....Aprobado.....

Con el calificativo de:

.....Dieciseis (16).....

La presente copia concuerda con su original, doy fe.
Huaraz, 05 OCT 2015

En consecuencia, queda en condiciones de ser **APROBADO** por el Consejo de Facultad y recibir el Titulo de:

REGULO V. VALERIO SANABRIA
ABOGADO
NOTARIO DE LA PROVINCIA DE HUARAZ
INSCRIPCIÓN C.N.A. Nº 05

INGENIERO SANITARIO

De conformidad con los Artículos 48, 49, 50, 52, 53, 54 y 55 del Reglamento de Grado Académico de Bachiller y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo".

Huaraz, 16 de Setiembre del 2015.

Ing. GREGORIO SANTIAGO SAENZ POHL
Presidente

Blga. ROSARIO ADRIANA POLO SALAZAR
Secretaria

Ing. JUDITH ISABEL FLORES ALBORNOZ
Vocal

Dr. EDWIN JULIO PALOMINO CADENAS
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO SANITARIO

Los Miembros del Jurado Evaluador que suscriben, reunidos para la Ceremonia de Sustentación de la Tesis, que presenta la Señorita Bachiller: **DOMITILA ANDREA ORTIZ PEREZ.**

Tesis Titulada: **"TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL MERCADO CENTRAL VIRGEN DE FÁTIMA HUARAZ – ANCASH, OPTIMIZANDO EL PROCESO DE COMPOSTAJE"**

Y atendida la exposición oral y oída las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas lo declaramos:

.....Aprobado.....

Con el calificativo de:

.....Dieciseis (16).....

La presente copia concuerda con su original, doy fe.
Huaraz, 05 OCT 2015

En consecuencia, queda en condiciones de ser **APROBADO** por el Consejo de Facultad y recibir el Titulo de:

REGULO V. VALERIO SANABRIA
ABOGADO
NOTARIO DE LA PROVINCIA DE HUARAZ
INSCRIPCIÓN C.N.A. Nº 05

INGENIERO SANITARIO

De conformidad con los Artículos 48, 49, 50, 52, 53, 54 y 55 del Reglamento de Grado Académico de Bachiller y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo".

Huaraz, 16 de Setiembre del 2015.

Ing. GREGORIO SANTIAGO SÁENZ POHL
Presidente

Blga. ROSARIO ADRIANA POLO SALAZAR
Secretaria

Ing. JUDITH ISABEL FLORES ALBORNOZ
Vocal

Dr. EDWIN JULIO PALOMINO CADENAS
Asesor

DEDICATORIA

A Dios

Quien inspiro mi espíritu y guio mis pasos para concluir con este trabajo

A mi madre Gloria Chávez

Por su apoyo en todo momento, por darme la fuerza y constancia que la caracterizan, por su ejemplo y sobre todo por su amor.

A mi padre Alberto Gonzales

Por sus valores y su ejemplo que me formaron como una persona de bien y por su amor.

A mis hermanas Gloria y Diana

Por ser mi mejor compañía y enseñarme a tener una sonrisa siempre.

Teresa Paola Gonzales Chávez.

DEDICATORIA

A Dios

Quien inspiro mi espíritu y guio mis pasos para concluir con este trabajo

A mi madre Gloria Chávez

Por su apoyo en todo momento, por darme la fuerza y constancia que la caracterizan, por su ejemplo y sobre todo por su amor.

A mi padre Alberto Gonzales

Por sus valores y su ejemplo que me formaron como una persona de bien y por su amor.

A mis hermanas Gloria y Diana

Por ser mi mejor compañía y enseñarme a tener una sonrisa siempre.

Teresa Paola Gonzales Chávez.

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi padre Antonio Ortiz.

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mi madre Olinda Perez.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi hermana Karina

Por estar conmigo y apoyarme siempre, por ese cariño incondicional que me muestra día a día.

Andrea Ortiz Perez

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro agradecimiento: A todos los vendedores y comerciantes del mercado Central "Virgen de Fátima -Huaraz", quienes nos apoyaron para la realización de la presente tesis.

A los docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Sanitaria, que nos guiaron, nos orientaron con sus enseñanzas y brindaron la oportunidad de realizar este trabajo.

Al Dr. Julio Edwin Palomino Cadenas, tutor y director del trabajo por su paciencia, colaboración y aportes para el desarrollo de esta tesis.

A nuestros amigos quienes nos dieron su apoyo incondicional en todo momento y nos acompañaron a lo largo de este camino hasta lograr nuestro objetivo.

ÍNDICE

DEDICATORIA..... i

DEDICATORIA..... ii

AGRADECIMIENTO..... iii

INDICE..... iv

RESUMEN..... xi

ABSTRACT..... xii

INDICE DE CUADROS..... xiii

INDICE DE IMÁGENES..... xv

INDICE DE GRAFICOS..... xvi

INDICE DE FOTOGRAFIAS..... xvii

ABREVIATURAS..... xxi

INTRODUCCIÓN..... 1

CAPITULO I

1.1. GENERALIDADES DE LA GESTION Y TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS ORGANICOS EN EL PERU 3

1.2. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA 5

1.3. JUSTIFICACION 5

1.4. ALCANCE..... 7

1.5. DELIMITACION..... 7

1.5.1. Delimitación Espacial..... 7

1.5.2. Delimitación Temporal 7

CAPITULO II

PROBLEMA, OBJETIVOS E HIPOTESIS..... 8

2.1. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA..... 8

2.2. FORMULACION DEL PROBLEMA..... 9

2.3. OBJETIVOS..... 9

2.3.1. Objetivo general 9

2.3.2. Objetivo especifico..... 9

2.4. HIPOTESIS 10

CAPITULO III

ESQUEMA DE LA INVESTIGACION 11

3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACION 11

3.2. TIPO DE INVESTIGACION 11

3.3. POBLACION Y MUESTRA 12

3.4. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES 13

CAPITULO IV

METODOLOGIA DE LA CARACTERIZACION DE RESIDUOS 14

4.1. PLANIFICACION 14

4.2. DISEÑO 14

4.2.1. Ubicación 14

4.2.2. Población 14

4.2.3. Principales actividades 15

4.2.4. Determinar el tamaño de la muestra 15

4.2.5. Determinar el equipo técnico y apoyo 16

4.2.6. Equipos y Materiales 16

4.2.7. Clasificación de los residuos sólidos 18

4.3. EJECUCION 19

4.3.1. Periodo De Ejecución 19

4.3.2. Sensibilización y capacitación de los encargados de los puestos seleccionados ... 19

4.3.3. Determinación del número de muestras 29

4.3.4. Distribución de la muestra por actividad comercial 32

4.3.5. Recolección y Muestreo 33

4.3.6. Trasporte 34

4.3.7. Caracterización 36

4.3.8. Análisis de la Muestra 37

A. Determinación de la generación de residuos sólidos por puesto 37

B. Determinación de densidad 38

C. Determinación de la composición física de los residuos 44

4.3.9. Procesamiento de las encuestas 46

CAPITULO V

METODOLOGIA DE LA ELABORACION DEL COMPOST 54
5.1. ACONDICIONAMIENTO DEL ÁREA 54
5.1.1. Principios de ingeniería 54
5.1.2. Ubicación: 54
5.1.3. Delimitación del área: 55
5.1.4. Compactado y nivelación: 55
5.1.5. Techado: 56
5.1.6. Cercado: 56
5.1.7. Zonas de compostaje: 56
5.1.8. Zonas para recolección de lixiviados: 57
5.2. RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS SOLIDOS 58
5.3. SEGREGACIÓN DE LOS RESIDUOS 59
5.4. PRE TRATAMIENTO 59
5.4.1. PICADO 59
5.4.2. HOMOGENIZADO 60
5.4.3. FORMACION DE LAS RUMAS 60
5.4.4. TOMA DE MUESTRA: 63
5.5. TRATAMIENTO 64
5.6. COSECHA 67

CAPITULO VI

MARCO REFERENCIAL 68
6.1. GENERALIDADES 68
6.2. NORMAS SOBRE EL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS 68
6.3. NIVELES JERARQUICOS DE LAS NORMAS Y ESTRUCTURA 69
6.4. A NIVEL NACIONAL 69
6.5. A NIVEL REGIONAL LOCAL 71
6.6. A NIVEL JERARQUICO SECUNDARIO 71
6.7. MARCO REFERENCIAL DE INVESTIGACION 71
6.8. MARCO REFERENCIAL DE INVESTIGACION 72

CAPITULO VII

MARCO TEORICO....74
7.1. RESIDUOS SOLIDOS....74
7.1.1. Definición:....74
7.1.2. Problemas de la mala gestión de los residuos....75
7.1.3. Residuos domésticos y comerciales....76
7.1.4. Composición de los residuos sólidos....76
7.2. TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS ORGANICOS....78
7.2.1. SISTEMAS DE COMPOSTAJE UTILIZADOS....79
7.3. MATERIA ORGÁNICA....80
7.3.1. GLUCIDOS O CARBOHIDRATOS:....80
7.4. PROCESO DE COMPOSTADO....85
7.5. PARÁMETROS DEL PROCESO DE COMPOSTAJE....85
7.5.1. Estructura....85
7.5.2. Oxigeno....86
7.5.3. Tamaño de la partícula....87
7.5.4. Composición del sustrato y balance de nutrientes....88
7.5.5. Temperatura....89
7.5.6. Ph....90
7.5.7. Humedad....91
7.5.8. Relación Carbono/Nitrógeno....92
7.5.9. Factores bióticos....93
7.6. ETAPAS DEL COMPOST....94
7.6.1. ETAPA DE LATENCIA....94
7.6.2. ETAPA MESOTERMICA 1 (10-40°C):....95
7.6.3. ETAPA TERMÓGENA (40-75°C):....95
7.6.4. ETAPA MESOTERMICA 2:....95
7.7. DISEÑO GENERAL DE UN SISTEMA DE COMPOSTAJE....97
7.7.1. ASPECTOS CUALITATIVOS....97
7.7.2. ASPECTOS CUANTITATIVOS....98

7.7.3. UNIDAD DE COMPOSTAJE....98
7.7.4. DISEÑO DE LA PILA DE COMPOSTAJE....98
7.7.5. EL TIEMPO DE COMPOSTAJE (TC)....98
7.7.6. ÁREA DE COMPOSTAJE....98
7.7.7. PREPARACIÓN DE LAS ÁREAS DE COMPOSTAJE....99
7.7.8. DIMENSIÓN DEL ÁREA DE COMPOSTAJE....99
7.8. MANEJO DEL SISTEMA DE COMPOSTAJE....99
7.8.1. Aireación y Homogenización de la masa en compostaje....100
7.8.2. Cuando airear y cuando regar....100
7.8.3. Control de la temperatura....100
7.8.4. Control de humedad....100
7.8.5. Control de aireación y riego por temperatura....101
7.9. CLASIFICACION DE LAS TECNOLOGIAS DE COMPOSTAJE....101
7.9.1. PROCESO DE AIREACIÓN....102
7.9.2. AIREACIÓN PASIVA O NATURAL....103
7.9.3. AIREACIÓN FORZADA....104
7.9.4. SISTEMAS ABIERTOS:....105
7.9.5. SISTEMAS SEMI-CERRADOS....106
7.10. TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS BIODEGRADABLES....107
7.10.1. Pilas o hileras volteadas....108
7.10.2. Pilas estáticas aireadas....109
7.10.3. Trincheras, canales semicerrados....111
7.10.4. Túneles estáticos....112
7.11. FACTORES QUE PRODUCEN OLORES EN EL COMPOST....112
7.12. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL COMPOST....113
7.13. GENERALIDADES DE LOS MICROORGANISMOS....114
7.13.1. Aplicaciones de los microorganismos....114
7.13.2. Los Microorganismos eficientes (E.M)....115
7.13.3. Las bacterias fotosintéticas....115
7.13.4. Las bacterias ácido lácticas....116

7.13.5. Las levaduras 117
7.13.6. Los actinomicetos 117
7.13.7. Hongos de fermentación 118
7.14. VENTAJAS DEL COMPOST 118
CAPITULO VIII
RESULTADOS E INTERPRETACION 121
8.1. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACION 121
8.1.1. Generación de residuos sólidos por puesto 121
8.1.2. Composición física de los residuos Solidos 122
8.1.3. Densidad de los residuos sólidos 122
8.1.4. Generación Total de Residuos Sólidos 122
8.2. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO – TIEMPO EN CADA ETAPA 123
8.2.1. Resultados del Tratamiento convencional de Compostaje 123
8.2.2. Resultados del Tratamiento del Compostaje con EM 124
8.2.3. Resultados del Tratamiento del Compostaje con Inóculo 126
8.3. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO – TEMPERATURA EN CADA ETAPA 128
8.3.1. Resultados del Tratamiento del Compostaje convencional 128
8.3.2. Resultados del Tratamiento del Compostaje con EM 129
8.3.3. Resultados del Tratamiento del Compostaje con Inóculo 129
8.4. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO – COLOR EN CADA ETAPA 131
8.4.1. Resultados del Tratamiento del Compostaje convencional 131
8.4.2. Resultados del Tratamiento del Compostaje con EM 131
8.4.3. Resultados del Tratamiento del Compostaje con Inóculo 132
8.5. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO – OLOR EN CADA ETAPA 133
8.5.1. Resultados del Tratamiento del Compostaje convencional 133
8.5.2. Resultados del Tratamiento del Compostaje con EM 133
8.5.3. Resultados del Tratamiento del Compostaje con Inóculo 134
8.6. RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE LABORATORIO 135
8.7. POST TRATAMIENTO 136
8.7.1. Resultados del Compostaje Convencional 136

8.7.2. Resultados del Compostaje con Microorganismos Eficaces 136

8.7.3. Resultados del Compostaje con Inóculo. 137

CAPITULO IX

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS 138

CAPITULO X

CONCLUSIONES 145

CAPITULO XI

RECOMENDACIONES 147

REFERENCIA BIBLIOGRAFIA 148

ANEXOS 152

RESUMEN

La presente tesis ha consistido en optimizar el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos del mercado central Virgen de Fátima, mejorando las condiciones del compostaje. Para lo cual se cuantifico la generación de residuos sólidos por puesto producidos en el mercado, se determinó su composición física, con los residuos sólidos orgánicos se elaboró tres tipos de tratamientos de compostaje: convencional, con microorganismos eficaces y con inóculo. Se optimizo cada uno de estos procesos mejorando las condiciones de estructura y humedad de la materia prima; se monitorio el proceso en cada una de sus etapas. Se comparó el proceso entre los tres tratamientos y se obtuvo como resultado que con mejorar la estructura de la ruma y añadir un inóculo se optimiza el proceso: se tiene menor tiempo de degradación: Inóculo (42 días), EM (48 días) y convencional (54 días); mejor calidad nutricional: Inóculo (MO 40%, N 1,85%, P_2O_5 1,94%, K_2O 0,8%); EM (MO 38%, N 1,6%, P_2O_5 1,6%, K_2O 0,7%); convencional (MO 36,5%, N 1,7%, P_2O_5 1,7%, K_2O 0,6%); microorganismos patógenos en el compost (coliformes termotolerantes < 2 NMP/100ml, en los tres tratamientos) ausencia de malos olores y baja generación de lixiviados además de no tener la presencia de vectores durante el proceso.

Palabras clave: Residuos sólidos orgánicos, inóculo, microorganismos Eficaces, convencional.

ABSTRACT

This thesis has been to optimize the treatment of solid organic waste from the Central Market "Virgen de Fatima", improving composting conditions. For which the generation of solid waste produced since the market was quantified with organic solid waste composting three types was developed: Conventional, with Effective Microorganisms and Inoculum. Each of these processes to improve conditions structure, moisture nitrogen and carbon content of the raw material; the process was evaluated in each of its stages. Each process was compared between the three techniques and it resulted that improve the structure of the pile and add an inoculum optimizing process; It has shorter degradation: Inoculum (42 days), EM (48 days) and conventional (54 days); better nutritional quality of the compost: Inoculum (MO 40%, N 1.85%, 1.94% P2O5, K2O 0.8%); EM (MO 38%, N 1.6%, 1.6% P2O5, K2O 0.7%); Conventional (MO 36.5% 1.7% N, 1.7% P2O5, K2O 0.6%); Pathogenic microorganisms in the compost (fecal coliforms <2, in the three processes) no odor and low leachate generation besides not having the presence of vectors in the process.

Keywords: organic solid wastes, inoculum, Effective microorganisms, conventional.

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1 Operacionalización de variables 13
Cuadro N° 2 Equipos y Materiales 17
Cuadro N° 3 Clasificación de los residuos sólidos 18
Cuadro N° 4 Muestra para la caracterización 30
Cuadro N° 5 Distribución de la muestra por rubro comercial 32
Cuadro N° 6 Generación de residuos sólidos por puesto 38
Cuadro N° 7 Generación total de residuos en el Mercado 38
Cuadro N° 8 Cálculo de la densidad del primer día 39
Cuadro N° 9 Cálculo de la densidad del segundo día 40
Cuadro N° 10 Cálculo de la densidad del tercer día 40
Cuadro N° 11 Cálculo de la densidad del cuarto día 41
Cuadro N° 12 Cálculo de la densidad del quinto día 41
Cuadro N° 13 Cálculo de la densidad del sexto día 42
Cuadro N° 14 Cálculo de la densidad del séptimo día 42
Cuadro N° 15 Cálculo de la densidad del octavo día 43
Cuadro N° 16 Densidad promedio 43
Cuadro N° 17 Composición física de los residuos 44
Cuadro N° 18 Cuadro de porcentaje de los residuos sólidos 45
Cuadro N° 19 Materiales y Equipos 58
Cuadro N° 20 Peso de los residuos orgánicos 59
Cuadro N° 21 Condiciones iniciales del compostaje CONVENCIONAL 62
Cuadro N° 22 Condiciones iniciales del compostaje con EM 62
Cuadro N° 23 Condiciones iniciales del compostaje con INÓCULO 63
Cuadro N° 24 Resumen de Jerarquía de normas vinculadas al saneamiento 70
Cuadro N° 25 Algunos parámetros de control de la calidad de compost 96
Cuadro N° 26 Composición Química del compost 114
Cuadro N° 27 Composición de Residuos Solidos 122
Cuadro N° 28 Generación Total 123
Cuadro N° 29 Resumen del tiempo en cada proceso 128

Cuadro N° 30 Resumen del color en cada tratamiento 132

Cuadro N° 31 Resumen del olor en cada tratamiento 135

Cuadro N° 32 Análisis de Laboratorio 135

Cuadro N° 33 Resumen de las características Físicas 137

Cuadro N° 34 Composición física de los residuos sólidos 140

Cuadro N° 35 Porcentaje de reducción 144

INDICE DE IMÁGENES

Imagen N° 1 Esquema de muestreo **63**

Imagen N° 2 Bacterias fotosintéticas **116**

Imagen N° 3 Bacterias acido lácticas **116**

Imagen N° 4 Levaduras **117**

Imagen N° 5 Actinomicetos **117**

Imagen N° 6 Hongos de fermentación **118**

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico N° 1 Disposición de los residuos sólidos en el Perú 4

Gráfico N° 2 Composición porcentual de los residuos sólidos 45

Gráfico N° 3 Tipo de comercio 46

Gráfico N° 4 Cantidad de personas que trabajan en el local 47

Gráfico N° 5 Recipiente y tipo de tacho donde almacena los residuos sólidos del local diariamente 47

Gráfico N° 6 El tamaño de los recipientes 48

Gráfico N° 7 ¿En cuántos recipientes usted almacena sus residuos sólidos? 48

Gráfico N° 8 ¿Que contiene generalmente los residuos sólidos que botan del local? 49

Gráfico N° 9 ¿Usted recibe el servicio de recolección? 49

Gráfico N° 10 ¿Cuantas veces a la semana bota usted los residuos sólidos del local? 50

Gráfico N° 11 ¿Dónde deja o bota los residuos sólidos? 50

Gráfico N° 12 ¿Que son los residuos sólidos para usted? 51

Gráfico N° 13 ¿Está dispuesto a participar de la caracterización del 03/12/2014 al 10/12/2014? 52

Gráfico N° 14 ¿Cómo estaría dispuesto a partícipar en la caracterización? 52

Gráfico N° 15 ¿Diga usted el horario adecuado de la recolección de los residuos para la presente caracterización? 53

Gráfico N° 16 Curva teórica de las necesidades de oxigeno durante el compostaje 87

Gráfico N° 17 Evolución de la Temperatura (-) y el pH (--) durante las diferentes etapas del compostaje 91

Gráfico N° 18 Evolución de la relación C/N durante el compostaje 92

Gráfico N° 19 Curva de temperatura del compost - CONVENCIONAL 128

Gráfico N° 20 Curva de temperatura del compost - EM 129

Gráfico N° 21 Curva de temperatura del compost - INÓCULO 129

Gráfico N° 22 Curva de temperatura de los tres tratamientos de compostaje 130

Gráfico N° 23 Color durante el tratamiento de C-C 131

Gráfico N° 24 Color durante el tratamiento de C- EM 131

Gráfico N° 25 Color durante el tratamiento de C-I 132

Gráfico N° 26 Olor durante el tratamiento de C-C 133

Gráfico N° 27 Olor durante el tratamiento de C - EM..... 133

Gráfico N° 28 Olor durante el tratamiento de C-I..... 133

INDICE FOTOGRAFIAS

Fotografía N° 1. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de un vendedor de la sección "Bazar". 21

Fotografía N° 2. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de un vendedor de la sección "Pollo". 21

Fotografía N° 3. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de un vendedor de la sección "Especies". 21

Fotografía N° 4. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de un vendedor de la sección "Librería", a su vez se señala (marca) la muestra a tomar. 22

Fotografía N° 5. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de una vendedora de la sección "Restaurant". 22

Fotografía N° 6. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de una vendedora de la sección "Verduras". 23

Fotografía N° 7. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de una vendedora de la sección "Embutidos". 23

Fotografía N° 8. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de un vendedor de la sección "Pescados". 23

Fotografía N° 9. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de una vendedora de la sección "Abarrotes". 24

Fotografía N° 10. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de una vendedora de la sección "Frutas". 24

Fotografía N° 11. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de un vendedor de la sección "Quesos". 25

Fotografía N° 12. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de una vendedora de la sección "Piñatería". 25

Fotografía N° 13. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de una vendedora de la sección "Sastrería". 26

Fotografía N° 14. Alicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de una vendedora de la sección "Tienda". 26

Fotografía N° 15. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de una vendedora de la sección "Tienda". 27

Fotografía N° 16. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de un vendedor de la sección "Tienda" que se encuentran en la parte exterior del mercado. 27

Fotografía N° 17. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de un vendedor de la sección "Carne Roja".....28

Fotografía N° 18. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de un vendedor de la sección "Florería".....28

Fotografía N° 19. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de un vendedor de la sección "Tienda".....28

Fotografía N° 20. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de un vendedor de la sección "Jugueria".....29

Fotografía N° 21. Entrega de las bolsas a los diferentes puestos de venta, para su posterior recolección.....33

Fotografía N° 22. Recolección de los residuos sólidos de los diferentes puestos de ventas del mercado central.....33

Fotografía N° 23. Acopio de los residuos sólidos, que se encuentra bajo la rampa en el mercado central.....34

Fotografía N° 24. Traslado de las bolsas del lugar de acopio al camión carga para el trasporte hacia la zona de caracterización.....35

Fotografía N° 25. Descarga de las bolsas con los residuos sólidos.....35

Fotografía N° 26. Traslado de las bolsas con los residuos a la zona donde se hará el análisis de las muestras.....35

Fotografía N° 27. Pesado de cada muestra recogida del mercado central.....36

Fotografía N° 28. Medida del espacio libre del cilindro para determinar la densidad.....36

Fotografía N° 29. Separación de los residuos por tipo.....37

Fotografía N° 30. Pesado de los residuos por tipo.....37

Fotografía N° 31. Delimitación del área.....55

Fotografía N° 32. Nivelación del terreno.....55

Fotografía N° 33. Techado y cerco perimétrico del área de trabajo.....56

Fotografía N° 34. Acondicionamiento del cuadrante.....57

Fotografía N° 35.. Impermeabilización del cuadrante con la pendiente hacia el balde para la recolección del lixiviado.....57

Fotografía N° 36. Recolección de los residuos orgánicos.....58

Fotografía N° 37. Residuos orgánicos después de la segregación.....59

Fotografía N° 38. Picado de los residuos sólidos orgánicos.....60

Fotografía N° 39. Homogenización de los residuos sólidos orgánicos picados.....60

Fotografía N° 40. Inicio de la formación de la ruma 61
Fotografía N° 41. Colocación de otra capa de residuos orgánicos 61
Fotografía N° 42. Ruma formada con una altura de 1,20 m 62
Fotografía N° 43. Agregado del inóculo 64
Fotografía N° 44. Riego con microorganismos eficaces 65
Fotografía N° 45. Volteo de la ruma en cada etapa del proceso 65
Fotografía N° 46. Medición de la temperatura 66
Fotografía N° 47. Generación de lixiviado 66
Fotografía N° 48. Panorama de los tratamientos 67
Fotografía N° 49. Material cosechado 67

ABREVIATURAS

- C-C: Compostaje convencional.
- C-EM: Compostaje con Microorganismos eficaces.
- C-I: Compostaje con inóculo
- CTT: Coliformes termotolerantes
- C/N: Relación Carbono Nitrógeno

INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos son los desperdicios generados por las actividades del hombre, es decir, son aquellos materiales que resultan de procesos de producción y consumo, cuyo poseedor ya no considera de valor y desecha como basura, sin embargo, si realizamos un buen tratamiento de estos residuos, alcanzaremos comprobar que ellos aún nos pueden generar beneficios.

La presente tesis tuvo lugar en dos áreas de trabajo, la primera fue en el mercado central Virgen de Fátima- Huaraz, donde se realizó previamente unas encuestas para logran la participación de los encargados de cada puesto y así diagnosticar el estado actual de la disposición de los residuos sólidos. Actualmente se tiene 707 puestos de los cuales 76 funcionan como depósitos, por lo que hay 631 puestos netamente de venta, mediante una fórmula matemática se obtuvo el número de puestos muestra que fueron 89 (Distribución de la muestra por rubro comercial), para la recolección de los residuos sólidos por 08 días (03 de diciembre del 2014 al 10 de diciembre del 2014).

La segunda área de trabajo estuvo ubicada en Las Lomas- Independencia con un área de 88,00 m^2, la cual se acondiciono con cerco perimétrico, techo y con pendientes adecuadas para las composteras; donde se realizaron los trabajos de caracterización y elaboración del compostaje mediante tres tratamientos (añadiendo inóculo, EM y una ruma convencional).

El objetivo de la caracterización es determinar las características físicas de los residuos que genera el mercado central Virgen de Fátima - Huaraz, de los cuales se trató 1400,00 kg de materia orgánica mediante compostaje, sin embargo se realizó una nueva

recolección de solo residuos orgánicos para completar el volumen adecuado de cada ruma.

Dentro de la investigación se trabajó con tres tratamientos denominados: Compostaje convencional es aquel que su tratamiento es natural (no tiene ningún elemento adicional); compostaje con inóculo en este tratamiento se añade escoria (material de mayor diámetro que se obtiene después del cernido del compost), que contiene actinomicetos activos para acelerar la degradación de la materia orgánica y el compostaje con microorganismos eficaces (líquido que se prepara con agua, chancaca y EM) este contiene microorganismos activos que ayudan a la degradación de la materia orgánica. En el compostaje con inóculo la adición de la escoria se realizó al momento de armar la ruma, homogenizando con materia orgánica y los troncos de madera; en el caso del compostaje con microorganismos eficaces este se añadió al momento de realizar el volteo de la ruma tres veces por semana una cantidad de 500,00 ml.

La optimización del proceso de compostaje es reducir el periodo de producción de compost, mejorar la calidad del compost, inhibir la generación de malos olores, reducir la proliferación de insectos como la mosca y finalmente reducir significativamente los costos de producción.

Es dentro de este contexto que se plantea el siguiente problema: ¿Cómo se podrá optimizar el proceso del compostaje en el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos del mercado central, Virgen de Fátima, Huaraz-Ancash?

CAPITULO I

1.1. GENERALIDADES DE LA GESTION Y TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS ORGANICOS EN EL PERU

Según el Registro Nacional de Municipalidades (RENAMU) del año 2012 realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, señaló que el 95% (1 mil 739) de municipalidades distritales del país realizan el recojo de basura, mientras que el 5% (99) reportaron no haber realizado dicha acción.

De las municipalidades que recogieron basura, el 70% (1 276) recogieron en promedio menos de 3 toneladas diarias, el 11% (208) de 3 a menos de 9 toneladas, y el 14% (255) de 9 a más toneladas diarias.

De las 1 739 municipalidades que realizaron el recojo de basura a nivel nacional, el 39% de ellas lo realizan en forma diaria, el 22% dos veces por semana, el 21% semanal y solo un 18% en forma inter diaria.

Los residuos sólidos en el Perú, se encuentran principalmente conformados por restos orgánicos de cocina y de alimentos, que representan el 50.9% del total de residuos generados, seguido de los plásticos con un 10.1% y residuos peligrosos con el 8.5% (Informe Anual de Residuos sólidos Municipales y No Municipales en el Perú Gestión 2012).

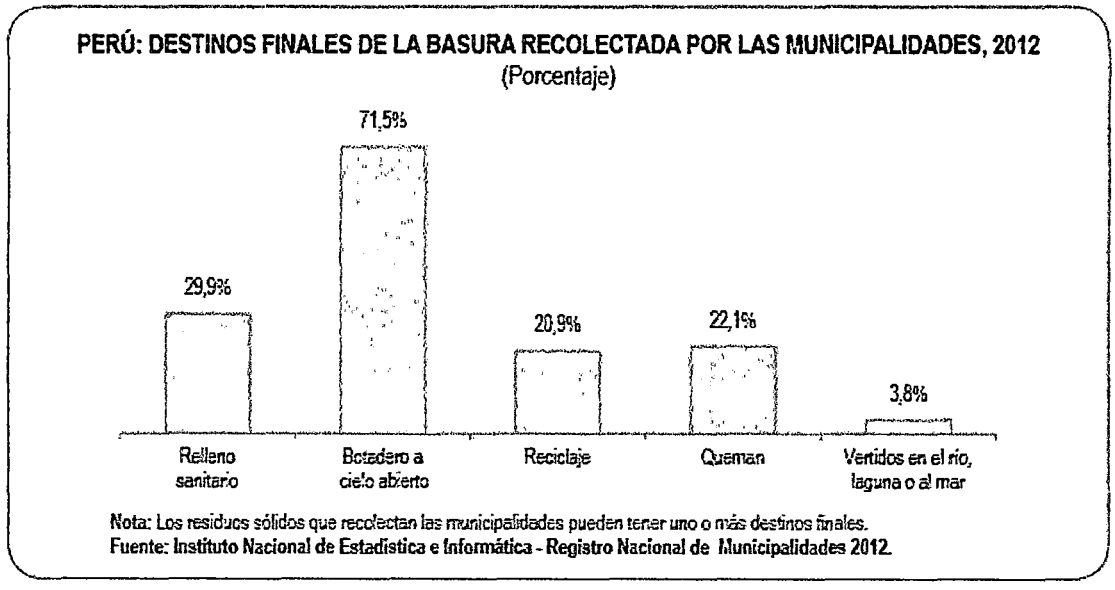
La basura que es recolectada por parte de las municipalidades, tiene diferentes destinos finales, siendo el principal destino el botadero a cielo abierto, donde el 71,5% (1 mil 243) de las municipalidades depositan la basura recolectada, seguido del relleno sanitario con el 29,9%, quema de basura el 22,1%, reciclaje el 20,9% y tan solo un 3,8% de las

municipalidades lo vierten en los ríos, lagunas o en el mar, según datos del Registro Nacional de Municipalidades.

Los departamentos de Áncash (100), Cajamarca (92), Puno (88) y Lima (87) concentran la mayor cantidad de municipalidades que depositan su basura en el botadero a cielo abierto; mientras que en los departamentos de Madre de Dios (9), Tumbes (12) y Ucayali (14), se registró el menor número de municipalidades que depositan la basura en este destino.

Con respecto a las municipalidades que depositan la basura recolectada en los rellenos sanitarios, estas principalmente se ubican en los departamentos de Lima (72), Áncash (57), Ayacucho (46) y Junín (46).

Gráfico N° 1. Disposición de los residuos sólidos en el Perú



En el Perú como se observan los datos estadísticos anteriores el mayor porcentaje de residuos corresponde a los de carácter orgánico, y como disposición final solo se tiene un 20.9% de reciclaje (papel, cartón, latas y compostaje), lo que indica que no se aprovecha la capacidad de reciclaje de los residuos orgánicos, estos son dispuestos en rellenos sanitarios (ocupando gran espacio y reduciendo el tiempo de funcionamiento de los rellenos sanitarios), en botaderos a cielo abierto (contaminando suelos y aguas subterráneas), quema de residuos (contaminando el aire), y por ultimo vertidos en el rio, laguna o mar (contaminando las aguas superficiales).

1.2. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

El problema de los residuos sólidos tiene un efecto directo sobre el desarrollo de la sociedad. La inadecuada práctica, de una gestión de manejo de residuos sólidos, conlleva a la proliferación de focos infecciosos, riesgo para la salud, contaminación ambiental y deterioro del paisaje.

En el Perú se calcula la generación de residuos sólidos es de 6,0 a 7,2 millones de toneladas/año, valor que sólo incluye la generación urbana del país. El análisis de la composición de los residuos sólidos domiciliarios señala una mayor generación en cuanto a restos orgánicos provenientes de cocina y de alimentos que en el 2012 alcanzó el 50,9 %, el segundo componente en importancia son los residuos plásticos con 10.1%, los residuos peligrosos de origen domiciliario con un 8,5%. Casi todos estos desechos son dispuestos en el suelo, ya sea en rellenos sanitarios o en tiraderos a cielo abierto, por lo que la fracción orgánica se convierte en un contaminante y el potencial de recuperación de ésta se desperdicia. El composteo, método que se define como la degradación de la fracción orgánica de los residuos sólidos por la acción de diversas poblaciones biológicas bajo condiciones controladas hasta un estado lo suficientemente estable que permite su almacenamiento y utilización sin efectos nocivos, se ha presentado como uno de los procesos más apropiados para el tratamiento de los residuos sólidos.

1.3. JUSTIFICACION

Los residuos sólidos son el material generado por las actividades del hombre, por producción o consumo, que no alcanzan ningún valor dentro del contexto que las genera, ya sea por la falta de tecnología adecuada para su aprovechamiento o por la inexistencia de un mercado que absorba los productos recuperados.

A nivel mundial, la legislación actual tiende a eliminar y/o minimizar los riesgos para la salud de los habitantes e implica un mejoramiento sustancial en la gestión de los residuos. El paradigma actual de la gestión de los residuos, cuyos rasgos principales son la integralidad y sostenibilidad, tanto así que se requiere de estrategias de reciclaje y reúso para disminuir la cantidad de residuos que van a los diferentes tratamientos.

El Perú, en los últimos tiempos se está convirtiendo en una economía basada en el consumismo. Como consecuencia de este estilo de vida, se ha tornado progresivo el consumo de recursos que generan grandes cantidades de desechos, siendo su eliminación un problema ambiental de gravedad que se torna cada vez más complejo y creciente. Así, la disposición final se ha convertido en un problema de importancia en la gestión de los residuos sólidos Municipales (RSM) debido a la disminución de la disponibilidad de sitios para vertido.

El manejo de los residuos sólidos tiene incumbencia municipal y en general, los residuos constituyen un problema creciente para la mayoría de sus autoridades, por lo que la gestión se reduce a la realización de la recolección domiciliaria y barrido de calles, y de la disposición final de los residuos, efectuada en muchos casos con escasos controles ambientales.

La gestión de los residuos comprende las etapas de generación, recolección, transporte, tratamiento, transferencia y disposición final y tiene como objetivo: lograr un adecuado y racional manejo de los residuos mediante su gestión integral; promover la valorización de los mismos a través de la implementación de métodos y procesos adecuados; minimizar los impactos negativos que puedan producir sobre el ambiente y lograr la minimización de los residuos con destino a la disposición final.

En la Ley general de residuos sólidos - 27314, señala que uno de los procesos que debe de cumplir un sistema es disminuir la producción de residuos sólidos (atendiendo a la reducción en origen, reutilización, reciclado u otras formas de recuperación) y alentar la formación de sistemas cooperativos o asociativos con la finalidad de intervenir en el proceso de recolección, clasificación, reutilización, transporte y destino de los residuos. Los residuos sólidos que se generan en el mercado central de la ciudad de Huaraz son en su mayoría de tipo orgánico, tratar esta fracción de residuos nos daría como resultado la disminución de volumen de los residuos que van a ir directamente al botadero de Caruash Jirca.

Una vez definida la diferenciación de los residuos orgánicos, se debe elegir el tipo de tratamiento que se le dará. Una alternativa es el compostaje. Esta puede definirse como

un proceso de descomposición biológica de los materiales en condiciones controladas generando, entre otros productos, materia orgánica estabilizada. Además este proceso permite obtener un producto denominado "compost" con valor agrícola, que puede ser usado como fuente de nutrientes y como acondicionador de suelos. El compostaje tiene la potencialidad de trabajar sobre dos objetivos, la reutilización de los residuos orgánicos y el mejoramiento de los suelos.

Uno de los principales problemas de un tratamiento por compostaje es la generación de malos olores que molesta a la población así como también el tiempo que este demora al no tener un adecuado proceso.

1.4. ALCANCE

El alcance del estudio es mejorar las condiciones del proceso de compostaje para optimizarlo y mejorar la calidad del compost.

El proceso de transformación se realizó desde la recolección de los residuos sólidos orgánicos del Mercado Central de Huaraz, pasando por todos los procesos, hasta el momento de la obtención del abono orgánico (compost).

El estudio desarrollado comprende las siguientes etapas: Estudio de caracterización de los residuos sólidos, elaboración del compost, monitoreo y control del proceso, y por ultimo evaluación de la calidad del compost obtenido.

1.5. DELIMITACION

1.5.1. Delimitación Espacial

Para la ejecución de la tesis se realizó el acopio de los residuos sólidos en el Mercado Central "Virgen de Fátima", del distrito de Huaraz; y el proceso de compostaje se llevó acabo en un terreno ubicado en "Las Lomas" del distrito de independencia.

1.5.2. Delimitación Temporal

La tesis se ejecutó en un solo periodo de 6 meses, dentro del cual se hará la parte experimental y teórica de toda la investigación.

CAPITULO II

PROBLEMA, OBJETIVOS E HIPOTESIS

2.1. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA

El tratamiento inadecuado de los residuos sólidos genera la preocupación del mundo entero, ya que este efecto está aportando consigo la contaminación del medio ambiente (aire, suelo, agua); enfermedades (gastrointestinales, respiratorias, etc.), proliferación de vectores (mosquitos, moscas, ratas, etc.), olores desagradables y a la vez se genera un efecto negativo en cuanto a la estética en los paisajes de las diferentes zonas. Es necesario ampliar nuestra visión para darnos cuenta que el problema de la basura comprende a múltiples actores en una compleja serie de aspectos legales, políticos, administrativos, técnicos, económicos, y también de conciencia y de conductas socio-culturales.

En el Perú la generación per cápita de residuos sólidos es en promedio de 0,574 kg/hab/día. Por su composición estos residuos en su mayoría son: restos orgánicos de cocina y alimentos (50,90%), plástico (10,1%), residuos peligrosos (8,5%) entre otros (Informe Anual De Residuos Sólidos Municipales Y No Municipales 2012).

En el departamento de Ancash se tiene en promedio 0,626 Kg/hab/día de generación per cápita de residuos sólidos, de acuerdo a la composición física un 50,42% son restos orgánicos de un total de 446 268 Kg/día.

En el distrito de Huaraz la generación total de residuos sólidos es de 33,51 ton/día, con un per cápita de 0,55 kg/hab.día, según su composición se tiene un gran porcentaje de materia orgánica 59,64% (PIGARS HUARAZ – 2012). En el distrito de Independencia la generación total de residuos sólidos es 41,08 ton/día, un per cápita de 0,47 kg/hab.día,

según la composición se tiene 60,76% de materia orgánica (INFORME ANUAL 2013 - MDI).

Los problemas que se observan actualmente en el mercado central Virgen de Fátima – Huaraz, es la presencia de personas que segregan materia orgánica, ellos separan los residuos para comida de animales domésticos, también se observa que hay gran cantidad de residuos desechados por los puestos de pescado, en cuanto llega este residuo al contenedor final del mercado este son recogidos inmediatamente en baldes para ser alimento de los chanchos.

2.2. FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cómo se podrá optimizar el proceso del compostaje en el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos del mercado central, Virgen de Fátima, Huaraz-Ancash?

2.3. OBJETIVOS

2.3.1. Objetivo general

Optimizar el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos del mercado central Virgen de Fátima, mejorando las condiciones del compostaje.

2.3.2. Objetivo especifico

- Cuantificar la generación de residuos sólidos por puesto en el mercado central, caracterizando los mismos que provienen de los puestos de venta (frutas, verduras, restaurantes, pescados y mariscos, avícola, otros).
- Determinar la composición física de los residuos sólidos del mercado central, provenientes de los puestos de venta.
- Elaborar compost con los residuos sólidos orgánicos provenientes de los puestos de venta del mercado central.
- Optimizar el proceso de compostaje mejorando las condiciones de estructura, humedad de la materia prima.
- Evaluar el proceso de compostaje, monitoreando diferentes parámetros durante el proceso.

- Comparar los procesos de compostaje realizados mediante los siguientes tratamientos: Agregando microorganismos eficaces, agregando un inoculo de una compostera en funcionamiento y un proceso convencional.

2.4. HIPOTESIS

"La optimización del compostaje se hará mejorando la estructura de las rumas, en el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos del mercado central Virgen de Fátima, Huaraz - Ancash"

CAPITULO III

ESQUEMA DE LA INVESTIGACION

3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

Esta investigación es cuantitativa porque es preciso trabajar con, registros, anotaciones, y recolección de datos a través del análisis de una muestra así como también se toman datos relacionados a medidas de temperatura, humedad, pH, obtenidos del experimento en campo, para una posterior interpretación o tabulación mediante análisis estadísticos, además necesitamos evaluar parámetros o características propias del compost (granulometría, color y olor) al finalizar su proceso de obtención.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Bibliográfica en su primera etapa debido a que es necesario recopilar y analizar información de diferentes fuentes bibliográficas para tener un mayor alcance y sustentación de nuestra investigación.

Exploratoria porque se sustenta en la revisión de antecedentes generales, temas respecto del problema a investigar en este caso se pretende estudiar el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos mediante un proceso optimizado del compostaje, este tipo de investigación ayudará a empaparnos más de esta problemática.

Experimental porque se manipulan las variables de compostaje tales como: estructura, humedad, actividad microbiana con el propósito de optimizar el proceso de compostaje.

Aplicada porque busca mejorar la calidad de vida de la sociedad, remediando en este caso problemas ambientales y en la salud de la población que en la actualidad presentan severos inconvenientes frente a este tipo de tratamiento.

3.3. POBLACION Y MUESTRA

- **Población:**

  La población de la presente investigación estuvo conformada por los residuos orgánicos que se generan en el Mercado Central de Huaraz "Virgen de Fátima".

- **Muestra:**

  Se trabajó con los residuos sólidos de 89 puestos del Mercado Central, cuya composición fue caracterizada. Se realizó el tratamiento de la fracción de residuos sólidos orgánicos mediante tres tratamientos de compostaje aplicando mejoras en las condiciones del proceso, se estudió el efecto de estas mejoras a lo largo del proceso y en la calidad del compost obtenido.

3.4. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Cuadro N° 1. Operacionalización de variables

Hipótesis	Tipo Variable	Variable		Descripción de la variable	Unidad de medida	Método
"La optimización del compostaje se hará mejorando la estructura de las rumas, en el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos del mercado central Virgen de Fátima, Huaraz - Ancash"	Independiente: Condiciones del compostaje	**Estructura**		Se utilizaron técnicas de picado, se añadió ramas y viruta al proceso.	Nivel de compactación	Observación
		Humedad		Se controló mediante la remoción y la estructura.	%	método empírico
		Temperatura		Se controló para una higienización	°C	Medición y observación
		Inóculo		-Inóculo de actinomicetos	%	Cálculo matemático
				-Inóculo de EM	ml	método empírico
				- Convencional	---	---
	Dependiente: Calidad del compost	Física	Estructura	Buena granulometría		Análisis Físico
			Color	Negruzco	---	Visual
			Olor	A tierra húmeda	----	percepción
		Química	Nutrientes	Presencia de: -Nitratos -Fosfatos -Potasio	ppm	Análisis Químico
		Biológica	CTT	Ausencia de coliformes termotolerantes	NMP/100ml	Análisis microbiológico
			Larvas de vectores	Ausencia de larvas	Huevos/ml	Análisis microbiológico
	Interviniente	Tiempo de compostaje		Optimizar el proceso en menor tiempo	Días	Observación

CAPITULO IV

METODOLOGIA DE LA CARACTERIZACION DE RESIDUOS

4.1. PLANIFICACION

Esta etapa corresponde a la planificación de las diferentes actividades de las tesistas durante el desarrollo en campo; desde el ámbito de la organización y el planteamiento del estudio; donde la colaboración de las autoridades del mercado central Virgen de Fátima es primordial para involucrar a los dueños de los diferentes puestos.

4.2. DISEÑO

Esta etapa comprende el diseño del estudio de caracterización propiamente dicho, para lo cual se inicia con la determinación de la muestra y de los recursos incluyendo los colaboradores.

4.2.1. Ubicación

El Mercado central Virgen de Fátima se ubica al medio de la Av. Antonio Raymondi, Jr. Juan de la Cruz Romero Amao, Jr. Cayetano Requena y Jr. Huascaran. Pertenece al barrio de Huarpampa.

El mercado tiene cinco accesos de entrada, por el norte cuenta con una entrada, sur una entrada, por el este dos entradas y por oeste con dos entradas.

4.2.2. Población

El mercado Virgen de Fátima cuenta con 707 puestos de venta, los cuales están divididos en diferentes rubros comerciales, además cuenta con 76 puestos que se usan especialmente como depósitos.

Para la caracterización la población objetivo son los residuos sólidos que genera el mercado Central Virgen de Fátima.

4.2.3. Principales actividades

- Se conversa con el presidente de la Junta de propietarios del mercado central de Huaraz, al cual se solicita la información del número de puestos y su clasificación por rubros o giro.
- Se identifica los puestos de venta del mercado por giro.
- Se determina en tamaño de la muestra del total de puestos con la fórmula N°01.
- Se asigna una codificación a cada uno de los puestos seleccionados, para luego recoger los residuos generados durante 8 días, descartando el primero

4.2.4. Determinar el tamaño de la muestra

Esta se determinará del total de puestos comerciales dentro del mercado.

Una vez definido el número total de comercios, se procede a calcular el número de la muestra aplicando la siguiente formula:

Fórmula N° 01.

$$n = \frac{Z^2_{1-\alpha/2} N \sigma^2}{(N-1)E^2 + Z^2_{1-\alpha/2} \sigma^2}$$

Donde:

n = Muestra de puestos

N = Total de puestos comerciales

Z = Nivel de confianza 95% = 1,96

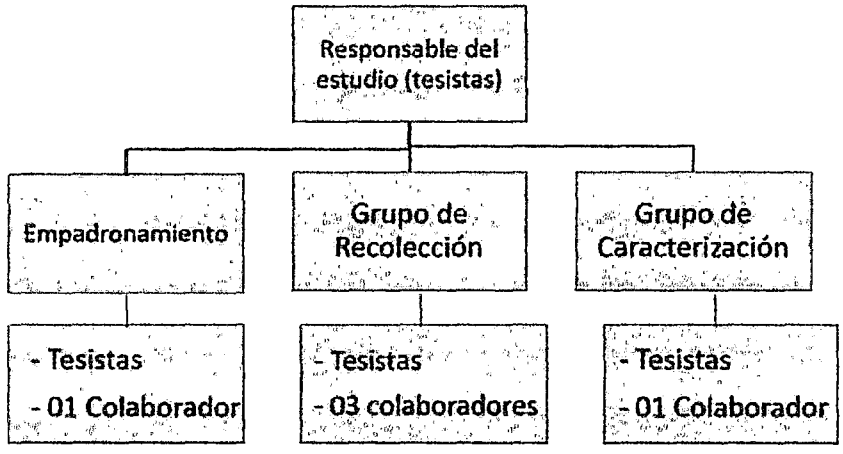
σ = Desviación estándar = 0,253

E = Error permisible = 0,053

4.2.5. Determinar el equipo técnico y apoyo

Las tesistas deben de contar con un equipo de apoyo (colaboradores), que den soporte a la ejecución de la caracterización, para ello las tesistas se encargaran de buscar y contratar al personal indicado.

Esquema N° 1. Organigrama del equipo técnico



4.2.6. Equipos y Materiales

En cuanto a los materiales y equipos que se necesitaron para el presente estudio fueron herramientas e insumos, uniforme e implementos de seguridad, movilidad, materiales de campo, materiales de oficina e insumos para limpieza local; todo lo mencionado se detalla más adelante (Ver cuadro N°2).

Cuadro N° 2. Equipos y Materiales

N°	Descripción	Und.	Cant.
1	**Terreno**		
	Área de Caracterización (9.00 x 6.00 m aprox)	Glb	9
	Caracterisficas del Área : Libre, Ventilada, con techo de 9.00 x 6.00 m, Almacen de Herramientas.		
2	**Herramientas e insumos**		
	Alquiler de Balanza de Plataforma como mínimo de 50 kg.	Und.	1
	Cilindros de metal de 200 litros de capacidad	Und.	1
	Wincha de 50 metros	Und.	1
	Escobas	Und.	2
	Recogedor	Glb.	1
	Bolsas de polietileno de 140 litros	Paquetes	8
3	**Personal**		
	Empadronamiento de los puestos de venta	Personas	2
	Ayuda en la recoleccion	Personas	3
	Ayuda en segregación	Personas	1
	Refrigerios	Glb.	1
4	**Uniforme e implementos de seguridad para la recolección y segregación**		
	Guantes	Par	4
	Guantes de procedimientos	Caja	1
	Botas de seguridad	Par	2
	Mascarillas para polvo	Und.	0.5
	Casaca	Und.	4
	Pantalón	Und.	2
5	**Insumos de primeros auxilios**		
	Botiquín (kit básico)	Und.	1
6	**Movilidad**		
	Tranporte de los residuos sólidos	Glb.	8
	Movilidad al personal de Apoyo (Punto de Inicio - Disposicion Final)	Psjes.	8
7	**Materiales de oficina**		
	Fotocopias de encuentas.	Und.	94
	Fotocopias de los formatos de empadronamiento de los puestos	Glb.	10
	Fotocopias de los formatos de registro de datos de caracterización de residuos sólidos	Glb.	20
	Lapiceros	Und.	4
	Cinta de embalaje (color beige) (50 m)(para identificación codificación puestos)	Und.	3
	Tableros	Und.	2
	Tijeras	Und.	2
8	**Materiales de campo**		
	Fotochek	Und.	2
	Tamiz de malla metálica (2.0 x 2.0m)	Glb.	2
9	**Insumos para la limpieza**		
	Cloro	Glb.	2
	Jabones	Und.	2
	Detergente	Und.	2

4.2.7. Clasificación de los residuos sólidos

Para la clasificación y determinación física de los residuos sólidos, se dividieron en los siguientes tipos:

Cuadro N° 3. Clasificación de los residuos sólidos

Tipo de residuos sólidos	Detalle
1.- Residuos orgánicos	Considera restos de alimentos, flores, cascaras de vegetales y frutas.
2.- Hueso y Carne	Considera los huesos, grasas y carnes.
3.- Papel	Considera papel blanco tipo bond, papel periódico, otros.
4.- Cartón	Considera cartón marrón, cartón blanco, cartón mixto.
5.- Vidrio	Considera vidrio blanco, vidrio marrón, vidrio verde.
6.- Plástico Grueso	Considera a aquellas bolsas gruesas.
7.- Plástico Delgado	Considera a vasos descartables, sorbetes entre otros.
8.- Bolsas	Consideran a aquellas bolsas chequeras o de despacho.
9.- Tetrapack	Considera los envases de tetrapack
10.- Tecnopor	Si es representativo se considerar en este rubro, de lo contrario se incorporar en otros.
11.- Metal	Se considera a los restos de fierro, navajas, marcos de ventana, etc.
12.- Telas, textiles	Restos de telas, textiles, hilos.
13.- Empaques	Considera a todas las envolturas de golosinas, embutidos entre otros.
14.- Latas	Considera envases de gaseosas, atún, leche, conservas.
15.- CD	Considera los restos de CDs.
16.- Plástico PET	Considera botellas de bebidas, gaseosas, aceites.
17.- Pañal	Considera los pañales descartables.
18.- Animales muertos	Considera animales menores que se puedan encontrar.
19.- Otros	Se considera aquellos restos que no se encuentran dentro de la clasificación por tipo de residuo.

Fuente: Propia

4.3. EJECUCIÓN

4.3.1. Periodo De Ejecución

El presente estudio para la caracterización de los residuos sólidos del mercado central tiene como periodo de ejecución de 8 días calendarios en campo y 1 mes en gabinete.

4.3.2. Sensibilización y capacitación de los encargados de los puestos seleccionados

Se realizaron encuestas a los propietarios de los diferentes puestos de venta que participaran en el estudio de caracterización, para obtener información sobre su percepción acerca del servicio de limpieza pública y recolección de los residuos sólidos. Así mismo con ello se logró capacitar y sensibilizar por medio de dichas encuestas a los propietarios de cada puesto quienes no tenían conocimiento de ciertos conceptos o no entendían la necesidad que deben de tener para un adecuado manejo de los residuos sólidos.

FORMATO N° 1. Encuestas

Cuestionario N°:

Lugar: Mercado Central Virgen de Fátima

Región: Ancash Encuestador: _____

Provincia: Huaraz Fecha de encuesta: _____

1. DATOS GENERALES

1.1 Tipo de comercio: _____

1.2 Encargado: _____

1.3 Nombre del puesto: _____

1.4 Código del puesto: _____

2. GENERACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS

2.1 Cantidad de personas que trabajan en el local

a. uno b. dos c. tres d. más de 3

2.2 Recipiente y tipo de tacho donde almacena los residuos sólidos del local diariamente

a. bolsas de plástico c. costales

b. recipiente de plástico d. otros :

2.3 El tamaño de los recipientes es:

a. Pequeño b. Mediano c. Grande

2.4 ¿En cuántos recipientes usted almacena sus residuos sólidos?

a. uno b. dos c. tres d. más de 3

2.5 ¿Que contiene generalmente los residuos sólidos que botan del local? Puede nombrar más de uno

_____

3.RECOLECCION

3.1 ¿Usted recibe el servicio de recolección?

a. si b. no

3.2 ¿Cuantas veces a la semana bota usted los residuos sólidos del local?

a. diario b. cada dos días

c. cada tres días d. una vez por semana

3.3 ¿Dónde deja o bota los residuos sólidos?

_____

4. NECESIDADES DE SENSIBILIZACIÓN

4.1 ¿Que son los residuos sólidos para usted?

a. basura b. Papel, plástico, residuos de comida

c. lo que no sirve d. otro (indíquelas)

4.2 ¿Esta dispuesto a participar de la caracterización del 03/12/2014 al 10/12/2014?

a. si b. no

4.3 ¿Cómo estaría dispuesto a participar en la caracterización?

a. Separando los residuos

b. Colocando los residuos en los tachos/bolsas

c. Entregando los residuos sólidos durante las fechas indicadas

4.4 ¿Diga usted el horario adecuado de la recolección de los residuos para la presente caracterización?

_____

OBSERVACIONES:

_____

_____

Fotografía N° 1. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de un vendedor de la sección "Bazar".

Fotografía N° 2. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de un vendedor de la sección "Pollo".

Fotografía N° 3. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de un vendedor de la sección "Especies".

Fotografía N° 4. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de un vendedor de la sección "Librería", a su vez se señala (marca) la muestra a tomar.

Fotografía N° 5. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de una vendedora de la sección "Restaurant".

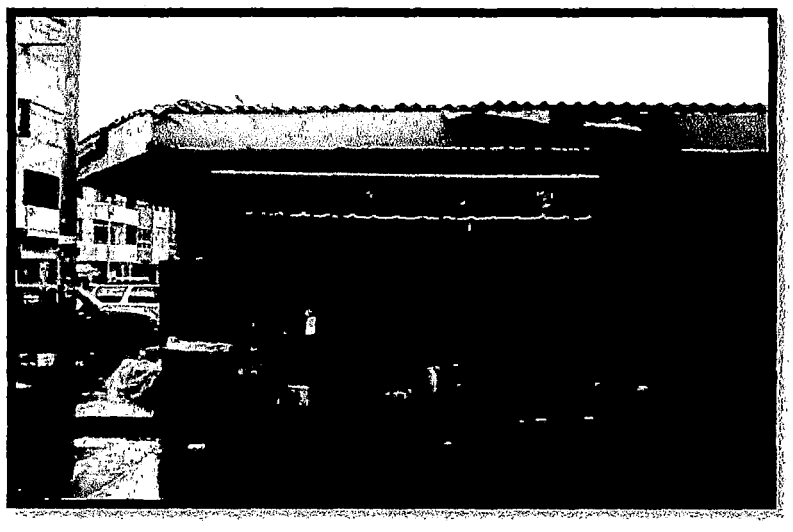
Fotografía N° 6. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de una vendedora de la sección "Verduras".

Fotografía N° 7. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de una vendedora de la sección "Embutidos".

Fotografía N° 8. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de un vendedor de la sección "Pescados".

Fotografía N° 9. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de una vendedora de la sección "Abarrotes".

Fotografía N° 10. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de una vendedora de la sección "Frutas".



Fotografía N° 11. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de un vendedor de la sección "Quesos".

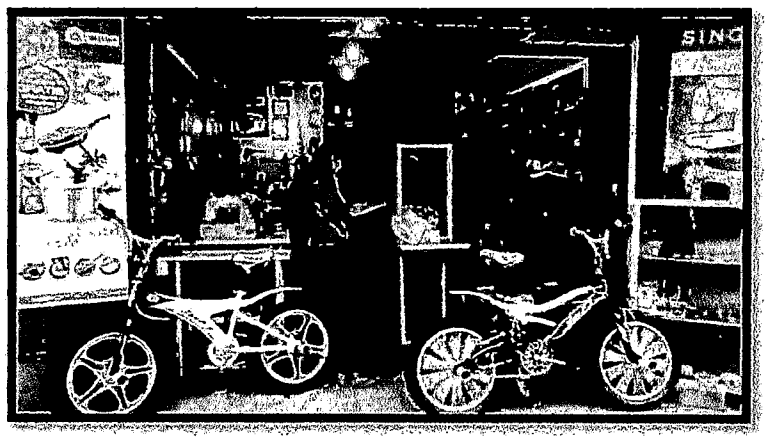
Fotografía N° 12. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de una vendedora de la sección "Piñatería".

Fotografía N° 13. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de una vendedora de la sección "Sastrería".

Fotografía N° 14. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de una vendedora de la sección "Tienda".

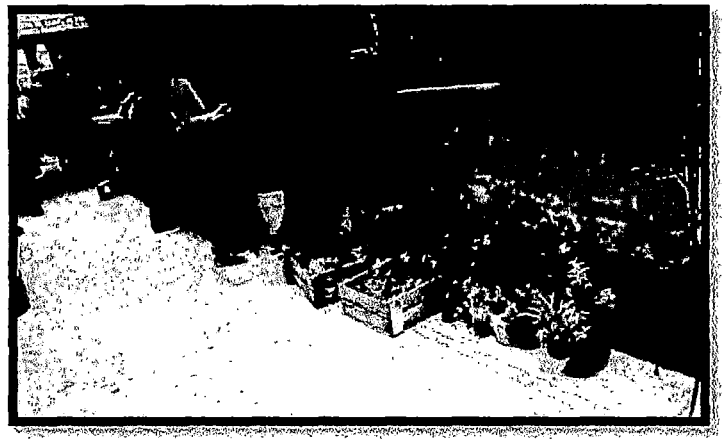
Fotografía N° 15. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de una vendedora de la sección "Tienda".

Fotografía N° 16. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de un vendedor de la sección "Tienda" que se encuentran en la parte exterior del mercado.



Fotografía N° 17. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de un vendedor de la sección "Carne Roja".

Fotografía N° 18. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de un vendedor de la sección "Florería".



Fotografía N° 19. Aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de un vendedor de la sección "Tienda".

Fotografía N° 20. A aplicación de la encuesta para conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de un vendedor de la sección "Jugueria".

4.3.3. Determinación del número de muestras

Para determinar el número de muestras se partió de acuerdo a las encuestas realizadas y a las siguientes restricciones:

- Error permisible: 0,053 Kg/puesto. día
- Confiabilidad : 95%
- Desviación estándar: 0,253 kg/puesto. día
- N: 631 Puestos de venta

Aplicación de la ecuación:

$$n = \frac{Z^2_{1-\alpha/2} N \sigma^2}{(N-1)E^2 + Z^2_{1-\alpha/2} \sigma^2}$$

Fuente: Libro de estadística de Berenson y Levine

Dónde:

N: Número de muestras

σ: Desviación estándar de la variable Xi (Xi = PPC de la vivienda i) (gr/hab-día)

E: Error permisible en la estimación de PPC (gr/hab-día)

N: Número total de puestos de venta

Z: nivel de confianza 95% = 1,96

Tomando como base 707 puestos de venta del mercado central, el número de muestras de las diferentes secciones para el estudio resulta ser 78 puestos y adicionando un margen de contingencia (varía entre 10% y 15%) que es de 11; se obtiene como resultado final un número total equivalente a 89 puestos de venta.

Cuadro N° 4. Muestra para la caracterización

N°	Código	Nombre y Apellido	Tipo de comercio	N° personas	DNI
1	M-1	Sonia Guillen Rosales	Verduras	1	41945034
2	M-5	Clara Cochachin Tinoco	Restaurant	2	31680904
3	M-6	Maxima Chavez Tarazona	Restaurant	2	31652143
4	M-7	Pedro Valdivia Zarzosa	Restaurant	3	31483415
5	M-8	Hilda Meza Copitan	Restaurant	5	41064962
6	M-24	Carlos Estrada Apolinario	Pollo	2	16022871
7	M-17	Ivan Jose Depaz Vasquez	Pescado	2	47939031
8	M-28	Romi Jimenez Lovera	Carne Roja	2	40588660
9	M-50	Angel	Queso	2	-----
10	M-66	Rosa Natividad Espinoza	Tienda	2	31632201
11	M-54	Hector Cruz Romero	Piñata	4	47601416
12	M-43	Marino Haro Oncoy	Bazar	1	31658981
13	M-57	Olga Vargas Caldua	Sastrería	1	48380183
14	M-58	Delia Valentin Palma	Sastrería	3	-----
15	M-67	Dina Almedrades Nazario	Tienda	3	43400192
16	M-18	Erick Alexander Espinoza Gomez	Pescado	3	48264856
17	M-16	Jhon Alfredo Huerta Jaramillo	Fruta	2	42236121
18	M-68	Karen Javier Silvestre	Tienda	2	46043579
19	M-53	Eugenia Huarac Sanchez	Floreria	1	31604843
20	M-52	Saul Ramirez Villafranca	Especies	3	41943784
21	M-19	Hugo Aguilar Hermosa	Embutidos	2	31680361
22	M-20	Yesenia Ortiz Castro	Pescado	1	31668202
23	M-9	Carmen Rosa Rodrigues Garcia	Restaurant	2	40890254
24	M-21	Zenaida Picon Granados	Embutidos	1	44894896
25	M-25	Zenaida Picon Granados	Pollo	1	44894896
26	M-29	Marco Lliulla de la Cruz	Carne Roja	2	80248526
27	M-30	Juana Sanchez Carrion	Carne Roja	1	-----
28	M-36	Hilda Garcia Leon	C. Chancho	1	-----
29	M-31	Alvina Pinto Paucar	Carne Roja	1	36667370
30	M-44	Lina Villacorta Maldonado	Bazar	2	80138922
31	M-87	Mario Suarez Sanchez	Oficina	3	-----
32	M-69	Gino Rodriguez Rodriguez	Tienda	2	07643958
33	M-2	Maribel Rodriguez Santos	Verduras	4	74161988
34	M-3	Rosa Caldua Oropeza	Verduras	2	-----
35	M-10	Angelica Magdalena Cordova Guillen	Restaurant	5	31649252
36	M-11	Juan Alejandro Saavedra Obregon	Restaurant	3	31604795
37	M-12	Olimpia Espinoza Bravo	Restaurant	2	31620304
38	M-15	Paty Lugo Montez	Jugueria	2	32657560
39	M-22	Ortencia Jara Suarez	Embutidos	1	-----
40	M-23	Vicente Sabino Galamse	Pescado	3	31661356
41	M-4	Dalila Leon Castillo	Verduras	2	31665450
42	M-51	Saul Ramirez Villafranca	Queso	1	33335588
43	M-45	Flor de Maria Albinagorta Salazar	Bazar	2	31629508
44	M-56	Nellyda Lazar Leon	Librería	2	31609054

N°	Código	Nombre y Apellido	Tipo de comercio	N° personas	DNI
45	M-59	Gregoria Rivera Ortega	Sastrería	2	10507335
46	M-60	Victoria Vinos	Sastrería	1	31651650
47	M-13	Nancy Garcia Romero	Restaurant	2	41067788
48	M-14	Olga Garcia Romero	Restaurant	1	31680529
49	M-61	Liz Yanet Trujillo Cacha	Sastrería	2	45929710
50	M-62	Flor Araujo Ugarte	Sastrería	1	47669410
51	M-63	Irene Picon Granados	Sastrería	1	31658958
52	M-46	Macedonio Castro Haro	Bazar	1	31603285
53	M-47	Patricia Huerta Chauca	Bazar	1	31661490
54	M-39	Noemy Ramirez Ramirez	Abarrotes	2	42826437
55	M-40	Victoria Martel Ivañe	Abarrotes	2	------
56	M-41	Domingo Solis Osorio	Abarrotes	3	31649373
57	M-70	Norberto Salinas Valverde	Tienda	2	31656659
58	M-71	Alberto Edubijes Macedo	Tienda	2	31601213
59	M-72	Manuel Rojas Aveles	Tienda	3	41522121
60	M-26	Vilma Revoglear de la Cruz	Pollo	1	47594616
61	M-42	Dora Filomena Valenzuela Suarez	Abarrotes	1	31618925
62	M-64	Francisca mendoza Larico	Sastrería	2	31673593
63	M-65	Victoria Sanchez de Simeon	Sastrería	2	31626073
64	M-55	Julia Gaudencia Macedo Corcino	Piñata	1	31627077
65	M-88	Ernesto Melgarejo Minaya	Oficina	3	31630836
66	M-89	Severo Vicencio Simeon	Oficina	2	31605653
67	M-27	Melania Vilma Regalado Enrique	Oficina	2	31631151
68	M-73	Beatriz Milla Lazaro	Tienda	2	40503556
69	M-74	Maximo Araujo Zelada	Tienda	3	31653270
70	M-75	Rebeca Pocohuanca de Huaranga	Tienda	1	31633649
71	M-76	Rodrigo Cacha Antigua	Tienda	2	31630471
72	M-77	Nabor Melendes Huayaney	Tienda	2	31624023
73	M-78	Susy Perez Anaya	Tienda	1	31679156
74	M-79	Hilda Poma Colonia	Tienda	1	31623937
75	M-80	Ana Maria Barreto Cuizano	Tienda	3	32127620
76	M-81	Sixto Rodriguez Herrera	Tienda	3	31674498
77	M-82	Eustorgio Alonzo Salazar	Tienda	1	31624110
78	M-83	Aureliano Anaya Benitez	Tienda	2	31602860
79	M-84	Lucia Aquila Barreto Chinchay	Tienda	1	31677912
80	M-85	Juvel Collazos Sanchez	Tienda	1	31626018
81	M-86	Maritza Poma Castro	Tienda	1	31628191
82	M-32	Bernarda Flores Rodriguez	Carne Roja	1	31638182
83	M-33	Magda Angelica Guerrero Palma	Carne Roja	2	45051003
84	M-34	Gloria Valverde Rondan	Carne Roja	1	31674535
85	M-35	Blanca Lopez de Morales	Carne Roja	1	31617190
86	M-37	Santosa Minalla Dueñas	C. Chancho	1	31625466
87	M-38	Dominica Alvino de Miranda	C. Chancho	2	31674982
88	M-48	Honorata Amado Veramendi	Bazar	2	32295700
89	M-49	Cirilo Maguiña Carrion	Bazar	1	31627074

Fuente: Propia

En el cuadro N° 4 se observa los 89 puestos que fueron la muestra para la caracterización, indicando el responsable y rubro de cada puesto.

4.3.4. Distribución de la muestra por actividad comercial

Tomando en consideración los rubros de comercio, la muestra debe distribuirse porcentualmente.

Cuadro N° 5. Distribución de la muestra por rubro comercial

Rubro comercial	Cantidad	Porcentaje	Distribución de la Muestra
Verduras	26	4,12 %	4
Frutas	12	1,9 %	1
Restaurante	63	9,98 %	10
Jugos	8	1,27 %	1
Abarrotes	30	4,75 %	4
Cafetería	2	0,32 %	0
Sastrería	66	10,46 %	9
Piñatería	13	2,06 %	2
Oficina	28	4,44 %	4
Tienda	158	25,04 %	21
Pollo	30	4,75 %	3
Pescado	30	4,75 %	4
Carne	40	6,34 %	8
Chancho	31	4,91 %	3
Queso	10	1,58 %	2
Flores	3	0,48 %	1
Pan	5	0,79 %	0
Bazar	48	7,61 %	7
Joyería	1	0,16 %	0
Librería	8	1,27 %	1
Especies	8	1,27 %	1
Embutidos	18	2,85 %	3
Farmacia	3	0,48 %	0
TOTAL	**707**	**100 %**	**89**

Fuente: Propia

4.3.5. Recolección y Muestreo

La toma de las muestras se realizó durante 8 días, durante estos días diariamente se entregaba una bolsa plástica a cada propietario de cada puesto de venta participante, a cambio de la bolsa con residuos del día. En cada puesto seleccionado se indicó al propietario del puesto de venta que depositen dentro de la bolsa los residuos generados en el día, como consecuencia de la limpieza de los ambientes de su puesto.

El programa de muestreo se realizó durante 8 días consecutivos, sin embargo, se descartó en análisis de la muestra tomada el primer día, debido que este día es de prueba y se observa algunos problemas que pueden presentarse en el proceso.

Fotografía N° 21. Entrega de las bolsas a los diferentes puestos de venta, para su posterior recolección.

Fotografía N° 22. Recolección de los residuos sólidos de los diferentes puestos de ventas del mercado central.

4.3.6. Transporte

Al terminar la recolección de los residuos, cada uno de los 8 días, estos se transportaron con la ayuda de un camión de carga hasta el lugar donde se realizó el análisis de las muestras.

Fotografía N° 23. Acopio de los residuos sólidos, que se encuentra bajo la rampa en el mercado central.

Fotografía N° 24. Traslado de las bolsas del lugar de acopio al camión carga para el trasporte hacia la zona de caracterización.

Fotografía N° 25. Descarga de las bolsas con los residuos sólidos.

Fotografía N° 26. Traslado de las bolsas con los residuos a la zona donde se hará el análisis de las muestras.

4.3.7. Caracterización

Para la caracterización se realizó el siguiente procedimiento:

- Se pesaron las muestras
- Se determinó la densidad
- Se separaron los residuos por tipo
- Se pesaron los residuos por tipo.

Fotografía N° 27. Pesado de cada muestra recogida del mercado central.

Fotografía N° 28. Medida del espacio libre del cilindro para determinar la densidad.

Fotografía N° 29. Separación de los residuos por tipo.

Fotografía N° 30. Pesado de los residuos por tipo.

4.3.8. Análisis de la Muestra

A. Determinación de la generación de residuos sólidos por puesto

Para determinar la cantidad de residuos sólidos domiciliarios que se generan en el Mercado Central de Huaraz "Virgen de Fátima", se realizaron los siguientes pasos:

- Pesar la bolsa de cada muestra y registrar el resultado. Este procedimiento se realiza para los 8 días de caracterización.
- Calcular la generación de residuos sólidos por puesto, dividiendo el peso total entre el número de muestras, como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 6. Generación de residuos sólidos por puesto

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8
Peso total (kg)	290,43	279,00	289,77	289,16	222,83	288,52	283,48	285,10
Número de puestos	89	89	89	89	89	89	89	89
Generación de residuos sólidos por puesto (kg/puesto. Día)	3,63	3,135	3,256	3,249	2,504	3,242	3,185	3,203

Fuente: Propia

En el cuadro N° 6, se observa la generación de residuos por puesto para cada día de caracterización (el peso de cada muestra se observa a detalle en el Anexo N° 2)

Cuadro N° 7. Generación total de residuos en el Mercado

Total de puestos (1)	Generación de residuos sólidos por puesto kg/puesto/ día (2)	Generación total de residuos (Ton/día) (3)=(1)x(2)/1000
631	3,11	1,96

Fuente: Propia

Según el cuadro N°7 la generación total de los residuos es de 1,96 toneladas al día.

B. Determinación de densidad

Para determinar la densidad de los residuos sólidos sin compactar se realizaron las siguientes actividades:

- Acondicionar un recipiente cilíndrico de 200 litros de capacidad.
- Al azar coger cualquier bolsa de las ya registradas y pesadas y proceder a vaciar el contenido de la bolsa dentro del recipiente; y así coger otras bolsas sucesivamente hasta llenarlo.
- Una vez lleno, levantar el recipiente unos 10 cm. sobre la superficie y dejarlo caer tres veces, con la finalidad de llenar los espacios vacíos en el mismo.

- Medir la altura libre y registrar el dato en el formato correspondiente.

El cálculo de la densidad sin compactar se realiza en gabinete haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$S = \frac{W}{V} = \frac{4W}{\pi * D^2 * (H - h)}$$

Fuente: Guía del MINAM

Dónde:

S: Densidad de los residuos sólidos

W: Peso de los residuos sólidos

V: Volumen del residuo sólido

D: Diámetro del cilindro

H: Altura total del cilindro

h: Altura libre de residuos sólidos

π: Constante (3,1416)

Cuadro N° 8. Cálculo de la densidad del primer día

Día 1				03/12/2014	
Cilindro 01		Cilindro 02		Cilindro 03	
Código Puesto	Peso	Código Puesto	Peso	Código Puesto	Peso
M - 03	1.3	M - 01	5.5	M - 14	5.3
M - 05	4.6	M - 06	2.5	M - 30	1.13
M - 07	1.2	M - 15	1.5	M - 36	9.1
M - 17	1.2	M - 31	1	M - 46	6.2
M - 22	0.3	M - 46	6.2		
M - 34	6.5	M - 59	2.8		
M - 37	1.25	M - 82	1		
M - 43	5.7				
M - 76	1.8				
M - 88	1				
TOTAL (kg.):	24.85	TOTAL (kg.):	20.5	TOTAL (kg.):	21.73
H:	0.9	H:	0.9	H:	0.9
h:	0.18	h:	0.25	h:	0.28
DENSIDAD (kg/m3)	602.805	DENSIDAD (kg/m3)	550.837	DENSIDAD (kg/m3)	612.140
DENSIDAD PROMEDIO(kg/m3)		588.594			

Fuente: Propia

En el cuadro Nº 8 se observa los diferentes pesos que entraron en el cilindro 24,85 kg, 20,5 kg, 21,73 kg estableciendo un promedio de 22,36 kg; a su vez se encontraron las diferentes alturas libres de 0,18 cm, 0,25 cm, 0,28 cm; obteniendo una densidad promedio 588,594 kg/m3.

Cuadro N° 9. Cálculo de la densidad del segundo día

Dia 2		04/12/2014			
Cilindro 01		Cilindro 02		Cilindro 03	
código Puesto	Peso	código Puesto	Peso	código Puesto	Peso
M-02	1.5	M-12	4.25	M-07	4.4
M-11	2.7	M-13	4.35	M-10	4.2
M-23	1.5	M-26	1	M-18	4.1
M-27	0.5	M-38	6	M-22	4.2
M-35	0.8	M-53	2	M-25	4.25
M-44	2.5	M-64	1.2	M-71	1.6
M-49	2.9	M-73	1.1		
M-55	1.5	M-85	0.7		
M-66	1.2	M-86	1.1		
M-77	2.2				
M-79	1.3				
M-83	1.2				
M-87	1.1				
TOTAL (kg.):	20.9	TOTAL (kg.):	21.7	TOTAL (kg.):	22.75
H:	0.9	H:	0.9	H:	0.9
h:	0.12	h:	0.19	h:	0.25
DENSIDAD (kg/m3)	467.988	DENSIDAD (kg/m3)	533.807	DENSIDAD (kg/m3)	611.295
DENSIDAD PROMEDIO(kg/m3)		537.696			

Fuente: Propia

En el cuadro Nº 9, se observa los diferentes pesos que entraron en el cilindro 20,90 kg, 21,70 kg, 22,75 kg estableciendo un promedio de 21,78 kg; a su vez se encontraron las diferentes alturas libres de 0,12 cm, 0,19 cm, 0,25 cm; obteniendo una densidad promedio 537,696 kg/m3.

Cuadro N° 10. Cálculo de la densidad del tercer día

Dia 3		05/12/2014			
Cilindro 01		Cilindro 02		Cilindro 03	
código Puesto	Peso	código Puesto	Peso	código Puesto	Peso
M - 07	5.2	M - 03	0.4	M - 04	4
M - 22	1.7	M - 09	1.2	M - 11	4.4
M - 25	0.83	M - 14	3.2	M - 64	9.86
M - 30	0.55	M - 20	4.35	M - 68	0.25
M - 37	5	M - 31	1.4	M - 87	0.9
M - 41	0.9	M - 37	5		
M - 57	7.2	M - 46	5.3		
TOTAL (kg.):	21.98	TOTAL (kg.):	20.85	TOTAL (kg.):	19.41
H:	0.9	H:	0.9	H:	0.9
h:	0.15	h:	0.2	h:	0.24
DENSIDAD (kg/m3)	511.857	DENSIDAD (kg/m3)	520.224	DENSIDAD (kg/m3)	513.646
DENSIDAD PROMEDIO(kg/m3)		515.243			

Fuente: Propia

En el cuadro Nº 10, se observa los diferentes pesos que entraron en el cilindro 21,98 kg, 20,85 kg, 19,41 kg estableciendo un promedio de 20,75 kg; a su vez

se encontraron las diferentes alturas libres de 0,15 cm, 0,20 cm, 0,24 cm; obteniendo una densidad promedio 515,243 kg/m3.

Cuadro N° 11. Cálculo de la densidad del cuarto día

Dia 4				06/12/2014	
Cilindro 01		Cilindro 02		Cilindro 03	
código Puesto	Peso	código Puesto	Peso	código Puesto	Peso
M-06	2.1	M-03	7.6	M-15	8.3
M-11	2.9	M-08	3	M-17	3.2
M-13	3.2	M-16	3.2	M-42	11.2
M-18	1.1	M-23	3	M-53	1.9
M-21	4.5	M-27	2	M-57	0.4
M-39	1.9	M-67	1.8		
M-52	3.2				
TOTAL (kg.):	18.9	TOTAL (kg.):	20.6	TOTAL (kg.):	25
H:	0.9	H:	0.9	H:	0.9
h:	0.2	h:	0.23	h:	0.27
DENSIDAD (kg/m3)	**471.570**	DENSIDAD (kg/m3)	**537.001**	DENSIDAD (kg/m3)	**693.078**
DENSIDAD PROMEDIO(kg/m3)		**567.216**			

Fuente: Propia

En el cuadro N° 11, se observa los diferentes pesos que entraron en el cilindro 18,90 kg, 20,85 kg, 25,00 kg estableciendo un promedio de 21,58 kg; a su vez se encontraron las diferentes alturas libres de 0,20 cm, 0,23 cm, 0,27 cm; obteniendo una densidad promedio 567,216 kg/m3.

Cuadro N° 12. Cálculo de la densidad del quinto día

Dia 5				07/12/2014	
Cilindro 01		Cilindro 02		Cilindro 03	
Código Puesto	Peso	código Puesto	Peso	código Puesto	Peso
M - 10	0.95	M - 05	8.4	M - 01	1
M - 13	3	M - 08	2.1	M - 06	5.43
M - 19	5	M - 09	1.6	M - 10	7.6
M - 24	4.7	M - 10	0.95	M - 15	2.45
M - 32	2.8	M - 14	2	M - 17	4.2
M - 39	2	M - 33	3.4	M - 22	1.2
M - 47	0.95	M - 38	2.4	M - 26	0.8
		M - 48	2.5	M - 42	0.8
		M - 50	0.85		
TOTAL (kg.):	19.4	TOTAL (kg.):	24.2	TOTAL (kg.):	23.48
H:	0.9	H:	0.9	H:	0.9
h:	0.1	h:	0.17	h:	0.23
DENSIDAD (kg/m3)	**423.540**	DENSIDAD (kg/m3)	**578.995**	DENSIDAD (kg/m3)	**612.077**
DENSIDAD PROMEDIO(kg/m3)		**538.204**			

Fuente: Propia

En el cuadro Nº 12, se observa los diferentes pesos que entraron en el cilindro 19,40 kg, 24,20 kg, 23,48 kg estableciendo un promedio de 22,36 kg; a su vez se encontraron las diferentes alturas libres de 0,10 cm, 0,17 cm, 0,23 cm; obteniendo una densidad promedio 538,204 kg/m3

Cuadro N° 13. Cálculo de la densidad del sexto día

Dia 6				08/12/2014	
Cilindro 01		Cilindro 02		Cilindro 03	
código Puesto	Peso	código Puesto	Peso	código Puesto	Peso
M-02	4.9	M-18	5.9	M-05	6.2
M-08	1.8	M-26	2.1	M-15	9.3
M-11	0.8	M-29	5.8	M-57	1.8
M-22	3.5	M-37	1.31	M-65	3.1
M-33	4	M-38	2.8	M-70	2.5
M-41	3.1	M-44	4	M-80	0.6
M-50	1.25	M-53	2.5		
M-56	0.6				
TOTAL (kg.):	19.95	TOTAL (kg.):	24.41	TOTAL (kg.):	23.5
H:	0.9	H:	0.9	H:	0.9
h:	0.13	h:	0.23	h:	0.27
DENSIDAD (kg/m3)	452.517	DENSIDAD (kg/m3)	636.320	DENSIDAD (kg/m3)	651.4932
DENSIDAD PROMEDIO(kg/m3)		580.110			

Fuente: Propia

En el cuadro Nº 13, se observa los diferentes pesos que entraron en el cilindro 19,95 kg, 24,41 kg, 23,50 kg estableciendo un promedio de 22,62 kg; a su vez se encontraron las diferentes alturas libres de 0,13 cm, 0,23 cm, 0,27 cm; obteniendo una densidad promedio 580,110 kg/m3.

Cuadro N° 14. Cálculo de la densidad del séptimo día

Dia 7				09/12/2014	
Cilindro 01		Cilindro 02		Cilindro 03	
código Puesto	Peso	código Puesto	Peso	código Puesto	Peso
M - 08	3	M - 01	6.8	M - 38	4.6
M - 12	1.43	M - 02	1.3	M - 57	3.4
M - 18	4.2	M - 11	5.8	M - 61	0.6
M - 23	2.1	M - 19	1.6	M - 62	0.25
M - 43	6.3	M - 26	6.1	M - 66	5.9
M - 52	1.8	M - 46	2.4	M - 71	4.4
M - 58	0.9	M - 68	1.9	M - 79	0.8
M - 72	0.8			M - 82	3.9
M - 88	3.9			M - 84	1.6
TOTAL (kg.):	20.53	TOTAL (kg.):	25.9	TOTAL (kg.):	23.85
H:	0.9	H:	0.9	H:	0.9
h:	0.17	h:	0.21	h:	0.25
DENSIDAD (kg/m3)	491.189	DENSIDAD (kg/m3)	655.591	DENSIDAD (kg/m3)	640.852
DENSIDAD PROMEDIO(kg/m3)		595.877			

Fuente: Propia

En el cuadro N° 14, se observa los diferentes pesos que entraron en el cilindro 20,53 kg, 25,90 kg, 23,85 kg estableciendo un promedio de 23,43 kg; a su vez se encontraron las diferentes alturas libres de 0,17 cm, 0,21 cm, 0,25 cm; obteniendo una densidad promedio 595,877 kg/m3.

Cuadro N° 15. Cálculo de la densidad del octavo día

Dia 8				10/12/2014	
Cilindro 01		Cilindro 02		Cilindro 03	
Código Puesto	Peso	código Puesto	Peso	código Puesto	Peso
M-01	2.25	M-02	5.8	M-11	7.2
M-18	5.2	M-05	2.4	M-23	6.8
M-22	3.1	M-19	1.8	M-33	0.51
M-35	1.8	M-27	1.2	M-57	0.7
M-36	1	M-38	1.36	M-63	0.8
M-40	0.75	M-47	9.9	M-64	1.9
M-48	2			M-70	1.6
M-61	2.8			M-79	1.5
				M-80	0.8
				M-87	1.8
TOTAL (kg.):	18.9	TOTAL (kg.):	22.46	TOTAL (kg.):	23.61
H:	0.9	H:	0.9	H:	0.9
h:	0.14	h:	0.2	h:	0.25
DENSIDAD (kg/m3)	434.341	DENSIDAD (kg/m3)	560.395	DENSIDAD (kg/m3)	634.403
DENSIDAD PROMEDIO(kg/m3)		543.046			

Fuente: Propia

En el cuadro N° 15, se observa los diferentes pesos que entraron en el cilindro 18,90 kg, 22,46 kg, 23,61 kg estableciendo un promedio de 21,45 kg; a su vez se encontraron las diferentes alturas libres de 0,14 cm, 0,20 cm, 0,25 cm; obteniendo una densidad promedio 543,046 kg/m3.

En el siguiente cuadro se presenta la densidad promedio sin compactar obtenida como resultado de los estudios de los residuos sólidos recolectados en el mercado central Virgen de Fátima – Huaraz.

Cuadro N° 16. Densidad promedio

Estado de los residuos	Densidad (Kg/m^3)
Densidad sin compactar	553.91

Fuente: Propia

C. Determinación de la composición física de los residuos

Para la determinación de la composición física de los residuos sólidos se separó los componentes de acuerdo al tipo de residuo.

Concluida la clasificación de los componentes, se realiza el pesaje y registro de los datos en el formato correspondiente.

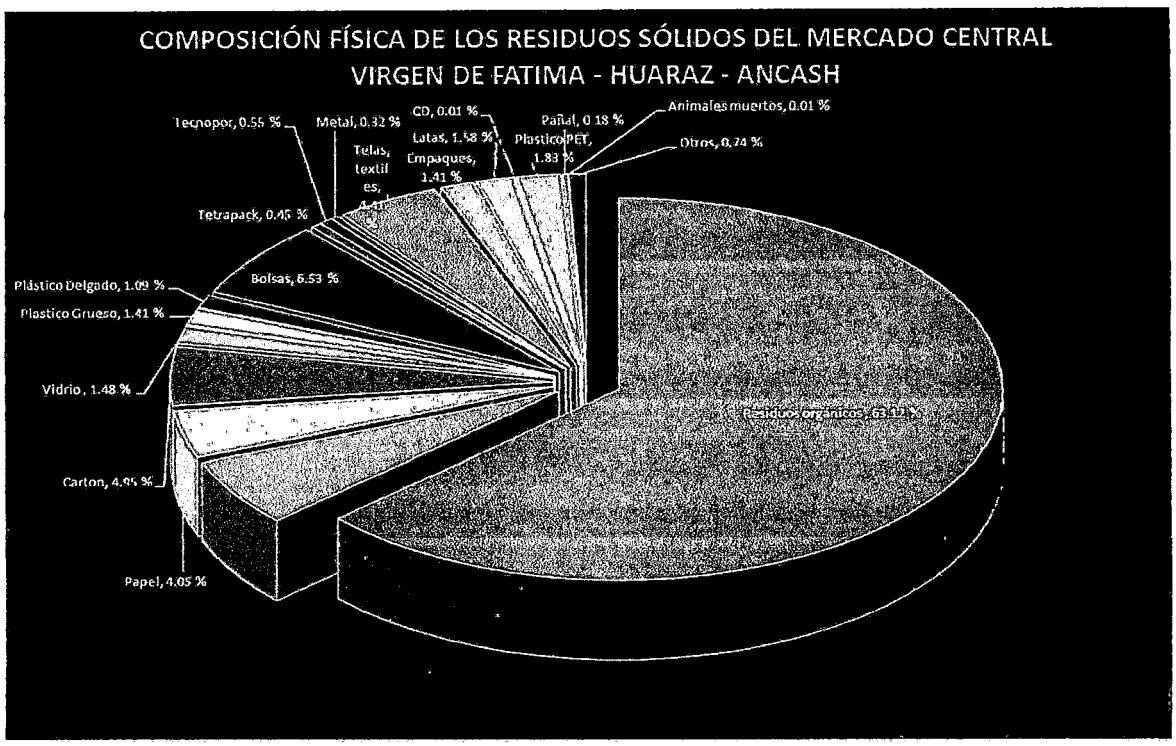
Cuadro N° 17. Composición física de los residuos

Tipo de residuos sólidos	Día 1: 03/12/2014 Kg	Día 2: 04/12/2014 Kg	Día 3: 05/12/2014 Kg	Día 4: 06/12/2014 Kg	Día 5: 07/12/2014 Kg	Día 6: 08/12/2015 Kg	Día 7: Martes 09/12/2014 Kg	Día 8: 10/12/2014 Kg	Total Kg
1. Materia Orgánica	177.40	181.80	183.13	167.10	141.10	179.50	182.60	187.70	1400.33
2. Huesos y carnes	18.30	17.00	20.30	18.00	12.40	17.50	16.00	12.60	132.10
3. Papel	12.85	8.80	19.50	11.40	10.30	9.20	8.70	10.80	91.55
4. Cartón	17.40	15.80	6.43	17.60	7.80	18.20	16.40	13.60	113.23
5. Vidrio	9.80	2.00	6.13	5.10	3.80	6.10	3.00	2.41	38.34
6. Plástico Grueso	1.80	6.60	4.90	3.83	2.00	3.01	4.20	2.90	29.24
7. Plástico Delgado	3.00	5.00	1.10	3.70	1.70	4.30	3.60	2.10	24.50
8. Bolsas	20.50	12.40	21.30	26.53	14.30	19.80	17.00	15.00	146.83
9. Tetrapak	1.70	1.30	0.40	2.00	0.70	2.50	1.30	0.57	10.47
10. Tecnopor	1.60	1.20	0.85	2.70	1.23	3.10	0.50	1.22	12.40
11. Metal	1.80	0.50	0.50	1.00	0.00	1.80	2.10	0.40	8.10
12. Telas, textiles	6.60	13.00	9.18	14.20	9.70	12.70	14.50	12.10	91.98
13. Empaques	3.90	3.60	4.20	4.30	3.50	2.40	4.20	5.40	31.50
14. Latas	4.40	2.50	5.90	3.10	5.90	1.90	3.60	7.60	34.90
15. CD	0.13	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.33
16. Plástico PET	5.10	6.00	3.25	4.20	6.70	4.50	5.20	5.60	40.55
17. Pañal	1.80	0.50	0.00	1.40	0.00	0.00	0.00	1.80	5.50
18.Animales muertos	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19. Otros	2.35	0.85	2.70	3.00	1.50	2.01	0.58	3.30	16.29
Total	**290.43**	**279.00**	**289.77**	**289.16**	**222.83**	**288.52**	**283.48**	**285.10**	**2228.29**

Fuente: Propia

En el cuadro N°17 se observa la composición física de los residuos sólidos, señalando el peso de cada tipo de residuo durante los 8 días de caracterización.

Gráfico N° 2. Composición porcentual de los residuos sólidos



Fuente: Propia

Cuadro N° 18. Cuadro de porcentaje de los residuos sólidos

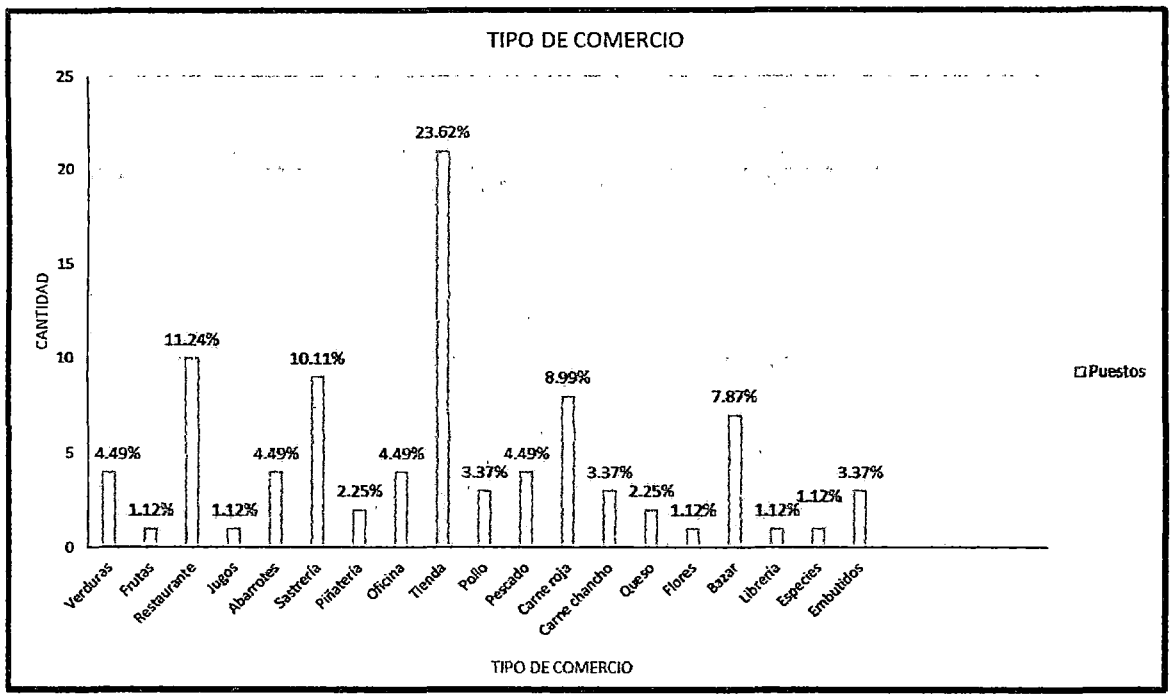
N°	TIPO DE RESIDUO SOLIDO	Porcentaje
1	Residuos orgánicos	63.12 %
2	Huesos y Carne	5.88 %
3	Papel	4.05 %
4	Cartón	4.95 %
5	Vidrio	1.48 %
6	Plástico Grueso	1.41 %
7	Plástico Delgado	1.09 %
8	Bolsas	6.53 %
9	Tetrapack	0.45 %
10	Tecnopor	0.55 %
11	Metal	0.32 %
12	Telas, textiles	4.41 %
13	Empaques	1.41 %
14	Latas	1.58 %
15	CD	0.01 %
16	Plástico PET	1.83 %
17	Pañal	0.18 %
18	Animales muertos	0.01 %
19	Otros	0.74 %
	TOTAL	100.00 %

Fuente: Propia

4.3.9. Procesamiento de las encuestas

Luego de haber aplicado las encuestas a los encargados de los puestos, se procesa las encuestas mediante gráficos de acuerdo al formato N° 1 Encuestas. Todas las encuestas fueron aplicadas a los 89 puestos que forman parte de la muestra, esto indica que cada porcentaje es en base a 89.

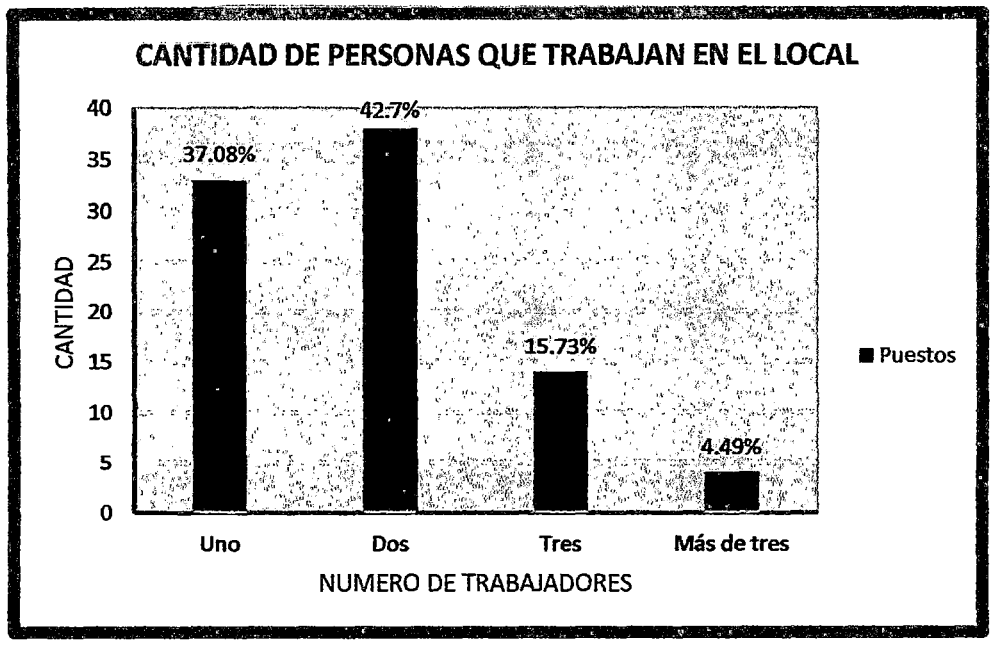
Gráfico N° 3. Tipo de comercio



Fuente: Propia

Un 23,62% de los puestos corresponden al rubro de tiendas, seguido de un 11,24% para el rubro de restaurantes, un 10,11% para sastrerias, un 8,99% para carne roja, un 7,87% para bazar, un 4,49% para verduras, para abarrotes, para oficinas y para los puestos de pescados; un 3,37% para pollo, carne de chancho y embutidos; un 2,25% para piñateria y queso y un menos porsentaje con 1,12% para frutas, jugos, flores librería y especies.

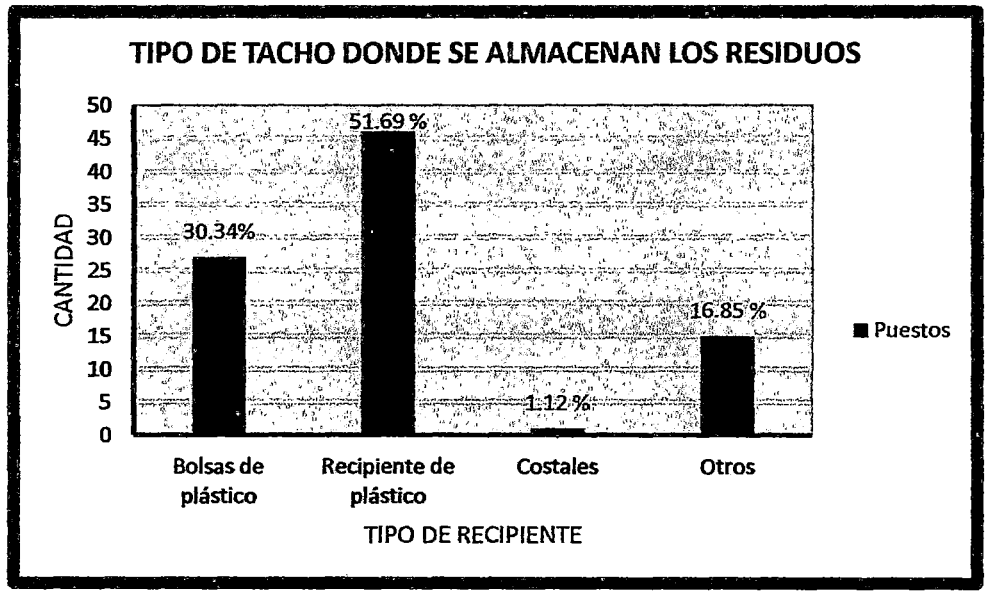
Gráfico N° 4. Cantidad de personas que trabajan en el local



Fuente: Propia

Un 42,7% de los puestos tiene dos trabajadores, seguido de un 37,08% que cuentan con un solo trabajador, un 15,73% respondió que cuentan con tres trabajadores y un menor porcentaje con 4,49% menciono que tienen más de tres trabajadores.

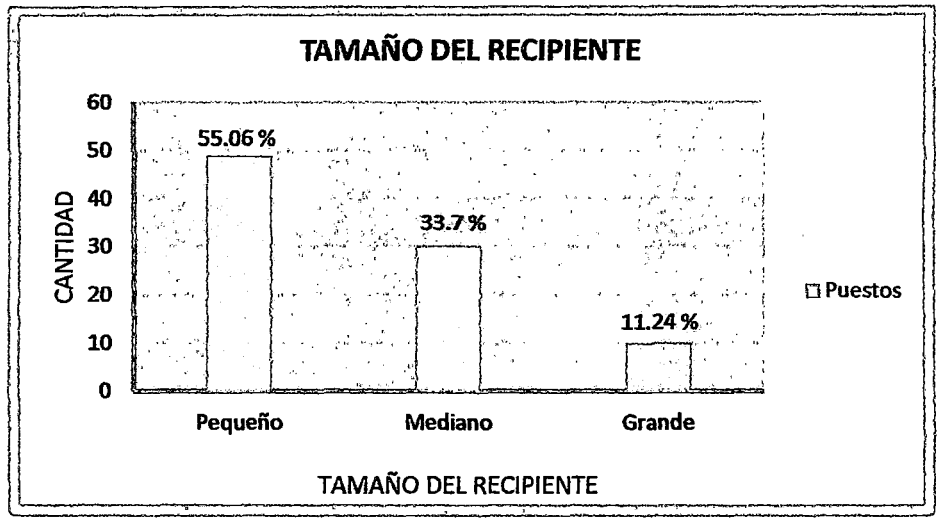
Gráfico N° 5. Recipiente y tipo de tacho donde almacena los residuos sólidos del local diariamente



Fuente: Propia

Un 51,69% de los puestos utiliza recipientes de plástico como tacho para los residuos, seguido de un 30,34% que utiliza bolsas de plástico, un 16,85% indico otros, refiriéndose específicamente al uso de cajas de cartón como tachos y un menor porcentaje con 1,12% utilizan costales para almacenar sus residuos.

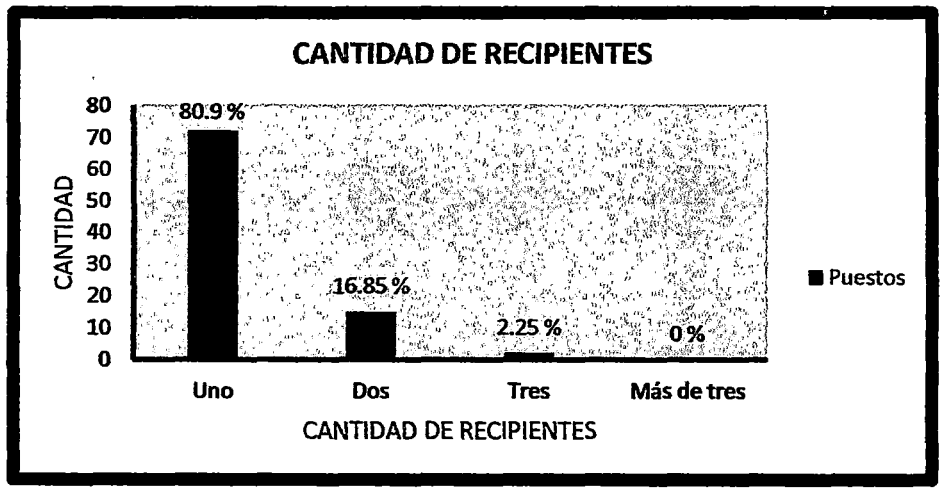
Gráfico N° 6. El tamaño de los recipientes



Fuente: Propia

Un 55,06% de los puestos utilizan recipientes pequeños, un 33,7% recipientes medianos y un menor porcentaje con 11,24% recipientes grandes.

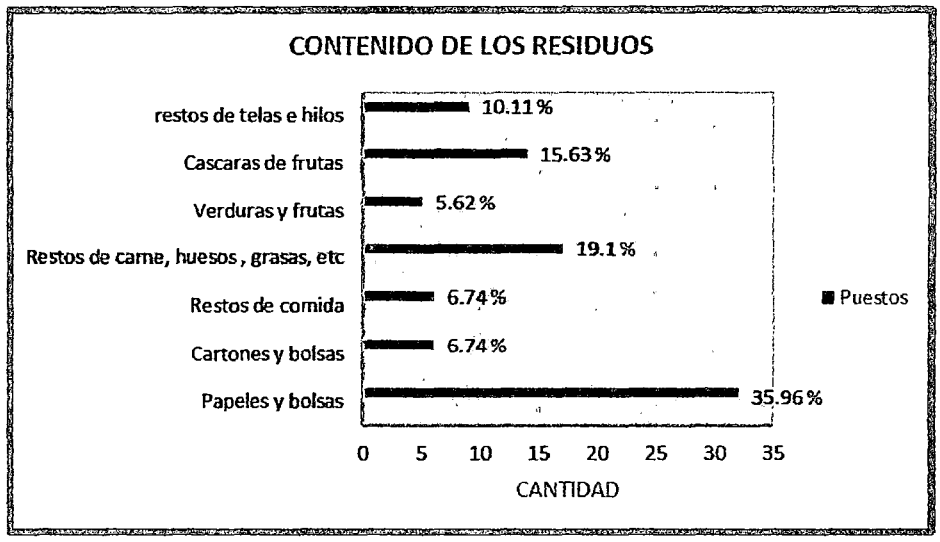
Gráfico N° 7. ¿En cuántos recipientes usted almacena sus residuos sólidos?



Fuente: Propia

Un 80,9% solo cuenta con un recipiente para sus residuos, seguido de un 16,85% que cuenta con dos recipientes, un menor porcentaje con 2,25% cuentan con tres recipientes, siendo este el número máximo de recipientes en cada puesto.

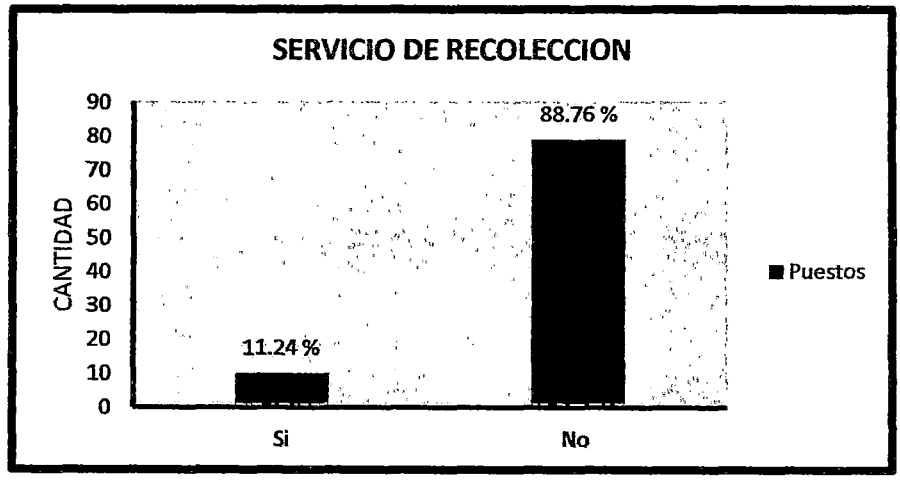
Gráfico N° 8. ¿Que contiene generalmente los residuos sólidos que botan del local?



Fuente: Propia

Para un 35,96% sus residuos contienen generalmente papeles y bolsas, un 19,1% restos de carne, huesos, grasas; para un 15,63% sus residuos contienen cascaras de frutas, para un 6,74% contienen restos de comida así como también cartones y bosas; y para un menor porcentaje con 5,62% sus residuos contienen verduras y frutas.

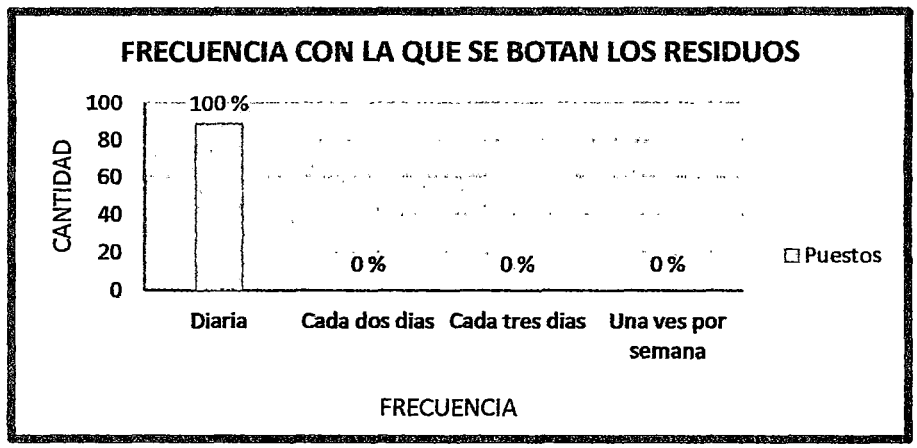
Gráfico N° 9. ¿Usted recibe el servicio de recolección?



Fuente: Propia

Un 88,76% no recibe el servicio de recolección, es decir ellos mismos depositan sus residuos en los diferentes tachos con los que cuenta el mercado, mientras que un 11,24% esperan a que el personal encargado recoja sus residuos o dejan estos en la puerta del puesto.

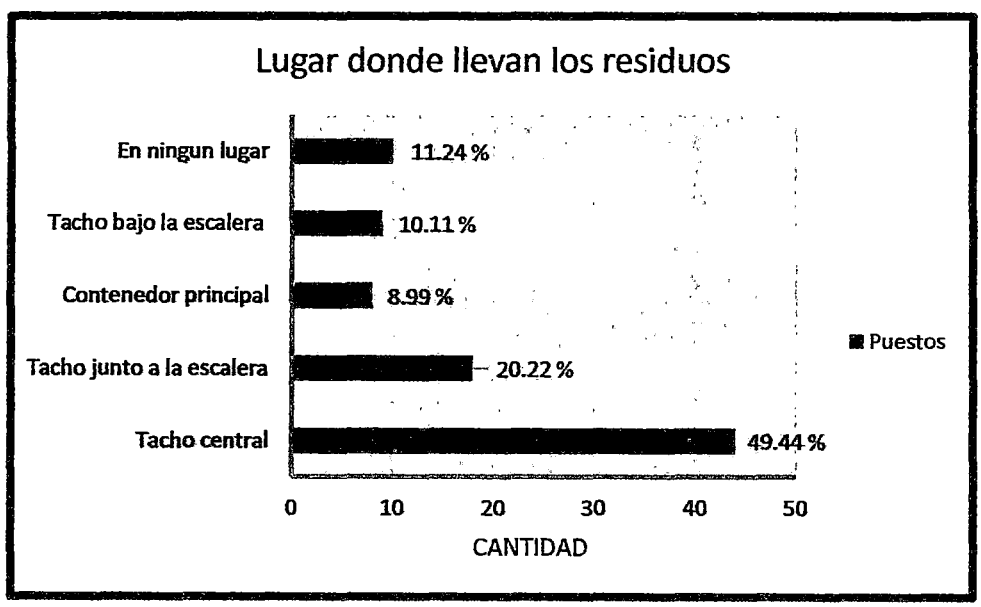
Gráfico N° 10. ¿Cuantas veces a la semana bota usted los residuos sólidos del local?



Fuente: Propia

En el 100% de los puestos los residuos se botan diariamente.

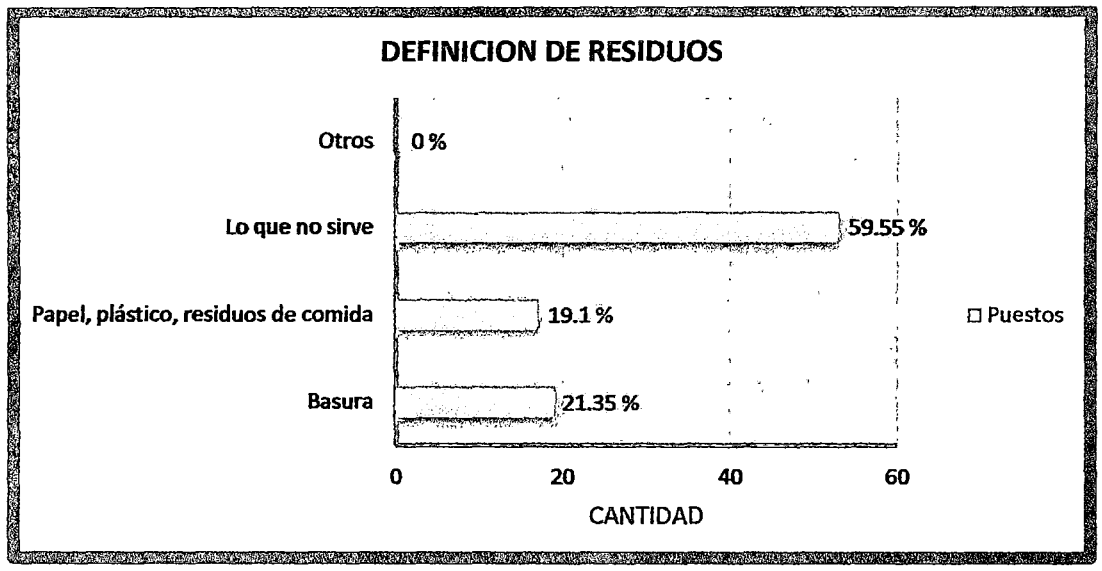
Gráfico N° 11. ¿Dónde deja o bota los residuos sólidos?



Fuente: Propia

Un 49,44% deja sus residuos en el tacho central, seguido de un 20,22% que los deja en el tacho junto a la escalera, un 11,24% no los deja en ningún tacho (servicio de recolección), un 10,11% en el tacho bajo la escalera y un menor porcentaje con 8,99% dejan sus residuos en el contenedor principal.

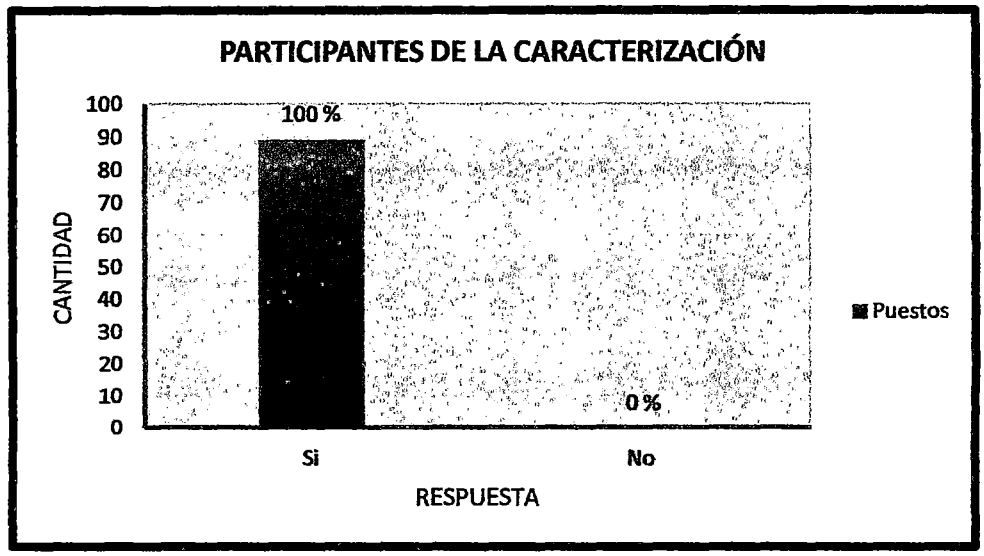
Gráfico N° 12. ¿Que son los residuos sólidos para usted?



Fuente: Propia

Para un 59,55% de los residuos sólidos es lo que no sirve, para un 21,35% se trata de basura y para un menor porcentaje con 19,1% los residuos sólidos son papel, plástico, restos de comida.

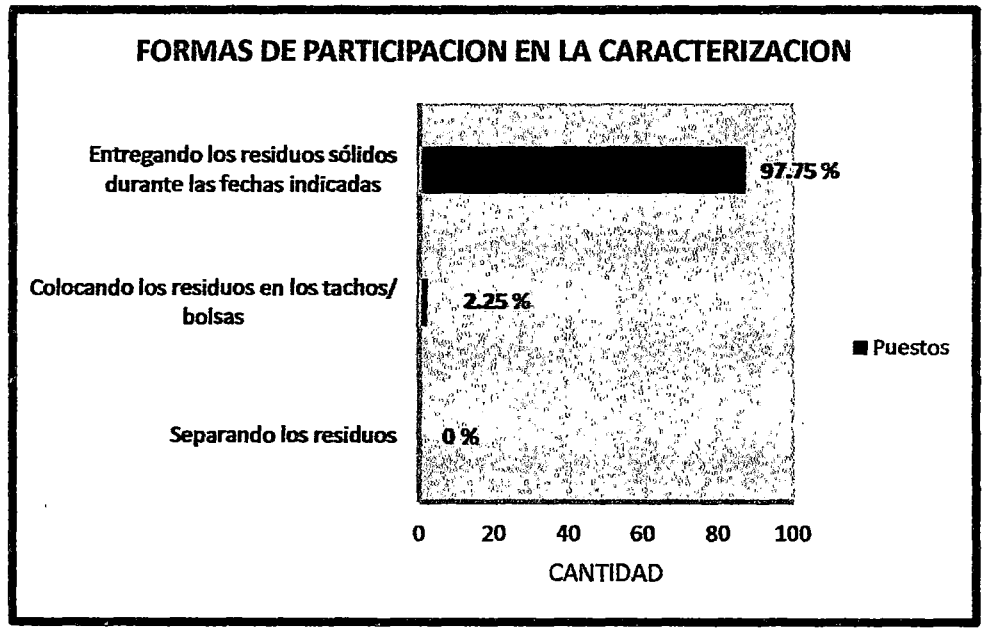
Gráfico N° 13. ¿Está dispuesto a participar de la caracterización del 03/12/2014 al 10/12/2014?



Fuente: Propia

El 100% de los encuestados estuvieron de acuerdo con participar en la caracterización en las fechas indicadas.

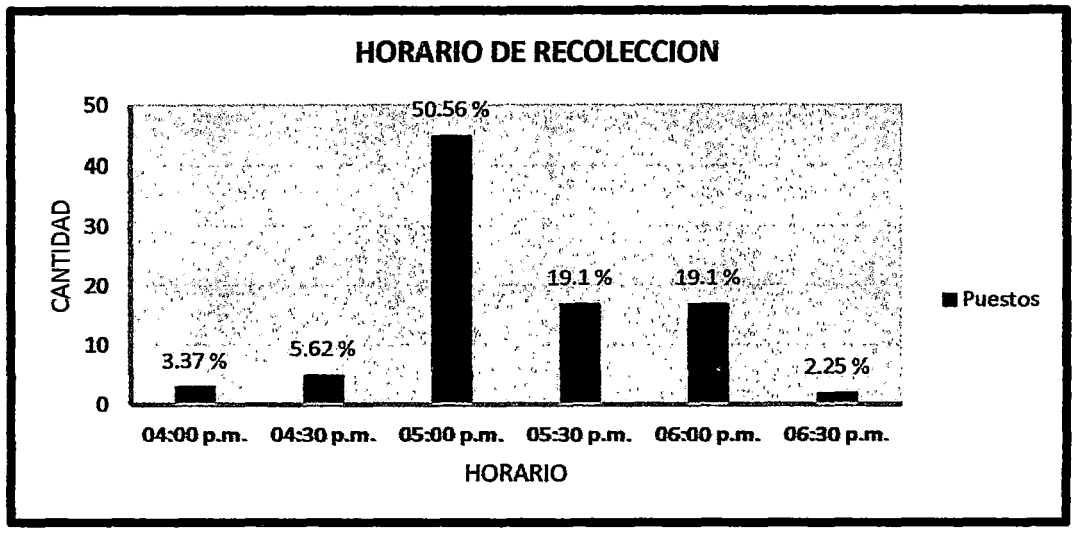
Gráfico N° 14. ¿Cómo estaría dispuesto a participar en la caracterización?



Fuente: Propia

El 97.75% estuvieron de acuerdo con entregar los residuos en las fechas indicadas, mientras que un 2.25% indico que dejarían sus bolsas con residuos en los tachos cercanos a su puesto.

Gráfico N° 15. ¿Diga usted el horario adecuado de la recolección de los residuos para la presente caracterización?



Fuente: Propia

Para un 50.56% el horario adecuado para de recolección es a las 5:00 p.m., para un 19.1% el horario adecuado es 5:30 y 6:00 p.m., para un 5.62% las 4:30 p.m., para un 3.37% las 4:00 p.m. y para un menor porcentaje con 2:25% las 6:30 p.m.

CAPITULO V

METODOLOGIA DE LA ELABORACION DEL COMPOST

5.1. ACONDICIONAMIENTO DEL ÁREA

Para el acondicionamiento del área, se tuvieron en cuenta los trabajos a realizar, considerando áreas para los trabajos de caracterización y para los tres tratamientos de compostaje (Con el uso de EM, agregando un inoculo y finalmente un tratamiento convencional) para lo cual se tuvieron distintas etapas.

5.1.1. Principios de ingeniería:

Se tuvieron en cuenta varios principios como que se cumplan las pendientes adecuadas, la altura de la ruma fue definida en base a un mejor manejo de esta, las medidas de largo y ancho se determinaron por el volumen de residuos , así como también fueron las más adecuadas para brindar estabilidad a la ruma (altura de 1,20 m).

El espacio entre composteras fue de 0,50 m para tener un pase adecuado para las actividades de monitoreo, volteos y evaluación de los tratamientos.

5.1.2. Ubicación:

El área de compostaje se encuentra en el Distrito de Independencia – Las lomas, con las siguientes coordenadas:

- N 8948438.73
- E 222685.52

5.1.3. Delimitación del área:

El área total de trabajo es de 88,00 m², la cual tiene 8,00 m de ancho y 11,00 m de largo, se tomaron estas medidas considerando todos los espacios necesarios para el desarrollo de la caracterización y del proceso de compostaje. (Ver plano del Anexo N° 5)

Fotografía N° 31. Delimitación del área.

5.1.4. Compactado y nivelación:

Se compacto y nivelo el terreno para facilitar los trabajos posteriores, se consideró una pendiente de 5% del terreno dirigido hacia la parte más baja para prevenir posibles infiltraciones e ingreso de aguas pluviales.

Fotografía N° 32. Nivelación del terreno.

5.1.5. Techado:

Se techo toda el área delimitada mediante el uso de calaminas y soportes de madera, el techo también tiene una pendiente para la caída de las aguas pluviales.

La función principal del techo es evitar que los factores ambientales, como lluvias y exceso de calor, afecte al proceso de compostaje.

5.1.6. Cercado:

Se cercó toda el área delimitada con costales negros, para impedir el ingreso de animales y personas ajenas a la ejecución de la tesis.

Fotografía N° 33. Techado y cerco perimétrico del área de trabajo.

5.1.7. Zonas de compostaje:

Dentro del área de trabajo se tendrá tres cuadrantes destinados a los diferentes tratamientos de compostaje, el área de cada cuadrante es de 6,25 m^2, de 2,50 por 2,50 m.

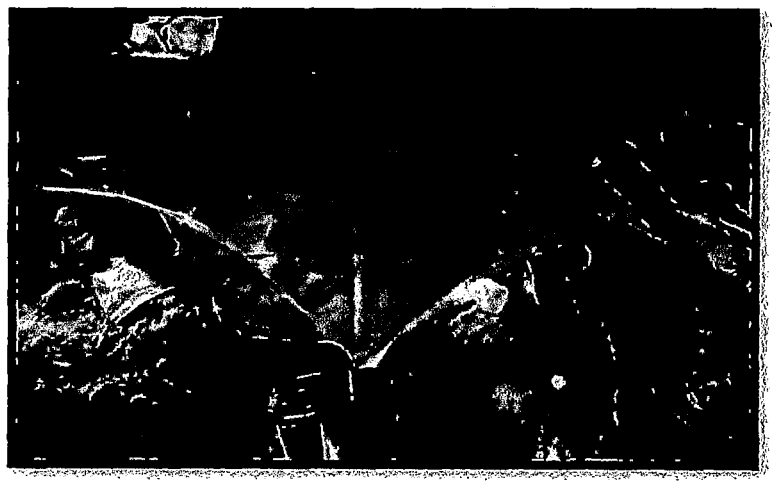
Además cada cuadrante se nivelo de tal manera que se tenga una pendiente de 1% hacia la zona de recolección de lixiviado y se cubrió con un plástico de doble grosor para evitar la contaminación del suelo.

Fotografía N° 34. Acondicionamiento del cuadrante.

5.1.8. Zonas para recolección de lixiviados:

Para la recolección de lixiviados se usaron baldes de 18,00 litros los cuales fueron enterrados al final de cada cuadrante, de manera que se tenga una fácil caída del líquido. Lo cual indica que la parte superior de balde quedo unos centímetros por debajo del cuadrante.

Fotografía N° 35. Impermeabilización del cuadrante con la pendiente hacia el balde para la recolección del lixiviado.



5.2. RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

La recolección de los residuos para el proceso de compostaje se realizó de los puestos escogidos como muestra para la caracterización, hasta obtener el volumen deseado para cada ruma de compost.

Cuadro N° 19. Materiales y Equipos

RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PARA COMPOST	
1	**Materiales**
	Bolsas de polietileno de 140 litros
	Guantes
	Guantes de procedimientos
2	**Movilidad**
	Transporte de los residuos sólidos
	Movilidad al personal de Apoyo (Punto de Inicio - Disposición Final)
3	**Personal**
	Ayuda en la recolección
	Refrigerios
4	**Insumos para la limpieza**
	Cloro
	Jabones
	Detergente

Fuente: Propia

Fotografía N° 36. Recolección de los residuos orgánicos.

5.3. SEGREGACIÓN DE LOS RESIDUOS

Después de la recolección se trasladaron los residuos al área acondicionada, para la segregación, se separó todo lo orgánico de los demás residuos, obteniéndose los siguientes pesos, los cuales fueron destinados a cada ruma:

Cuadro N° 20. Peso de los residuos orgánicos

Día 1	86,82 Kg
Día 2	141,93 Kg
Día 3	91,60 Kg
Día 4	145,15 Kg
Día 5	155,60 Kg
Día 6	153,10 Kg
Día 7	181,8 Kg
TOTAL	956,00 Kg

Fuente: Propia

Fotografía N° 37. Residuos orgánicos después de la segregación.

5.4. PRE TRATAMIENTO

5.4.1. PICADO

Para facilitar en proceso de compostaje se picaron los residuos orgánicos, para esta actividad se utilizó machetes y tablas de madera.

Fotografía N° 38. Picado de los residuos sólidos orgánicos.

5.4.2. HOMOGENIZADO

Una vez picados los residuos orgánicos, se realizó la homogenización con el uso de lampas, de manera que se pueda tener una distribución uniforme de los residuos en las rumas de compost.

Fotografía N° 39. Homogenización de los residuos sólidos orgánicos picados.

5.4.3. FORMACION DE LAS RUMAS

El tratamiento inició con la formación de la ruma de compost, para lo cual a fin de mejorar la estructura se realizó de la siguiente manera:

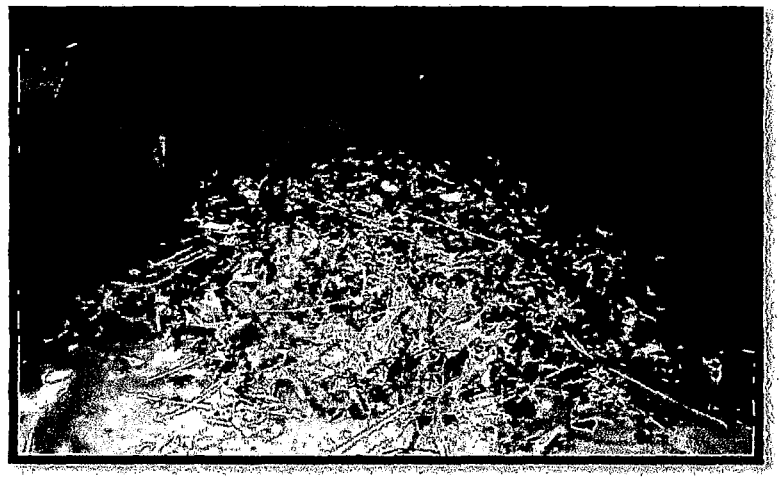
- Se cortaron ramas de 20,00 cm de largo y de menor diámetro.

- Se colocó una capa de ramas cortadas en cada cuadrante.
- Sobre la capa de ramas se añadió una capa de los residuos picados y mezclados.
- Se continuó con los pasos anteriores hasta formar la ruma de 1,20 m de altura.
- Se cubrió cada ruma con viruta para ayudar a controlar la humedad y olor.

Estos pasos se realizaron para formar las tres rumas de compost, los tres tratamientos de compostaje se describen a continuación:

Fotografía N° 40. Inicio de la formación de la ruma

Fotografía N° 41. Colocación de otra capa de residuos orgánicos



Fotografía N° 42. Ruma formada con una altura de 1,20 m

Cuadro N° 21. Condiciones iniciales del compostaje CONVENCIONAL

Alto de la ruma (m)	1,20
Largo de la ruma (m)	1,50
Ancho de la ruma (m)	1,20
Peso de los residuos (Kg)	319,00
Peso de las ramas (kg)	11,50
Temperatura de los residuos (°C)	13,00
Temperatura ambiente	12,3

Fuente: Propia

Cuadro N° 22. Condiciones iniciales del compostaje con EM

Alto de la ruma (m)	1,20
Largo de la ruma (m)	1,50
Ancho de la ruma (m)	1,20
Peso de los residuos (Kg)	320,00
Peso de las ramas (kg)	10,90
Temperatura de los residuos (°C)	13,80
Temperatura ambiente	12,30

Fuente: Propia

Cuadro N° 23. Condiciones iniciales del compostaje con INÓCULO

Alto de la ruma (m)	1,20
Largo de la ruma (m)	1,60
Ancho de la ruma (m)	1,54
Peso de los residuos (Kg)	342,00
Peso de las ramas (kg)	11,20
Temperatura de los residuos (°C)	13,10
Temperatura ambiente	12,30

Fuente: Propia

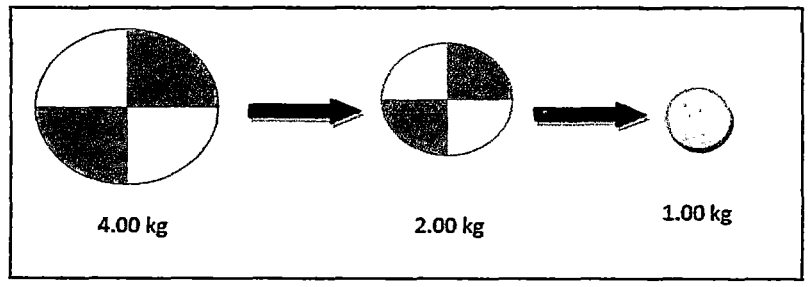
5.4.4. TOMA DE MUESTRA:

Para analizar todos los parámetros y propiedades, se debe obtener una muestra representativa de los residuos o fracción de residuos que se va a analizar, de forma que esta muestra proporcione datos aplicables a toda la población.

Para ello, y siguiendo el "muestreo por cuarteo" se toma de la ruma de residuos unos 4,00 kg. Estos residuos se toman de unos puntos elegidos aleatoriamente de toda la ruma.

Estos residuos se mezclan, se esparcen en círculos y el circulo se divide en cuatro partes, de las cuales se escogen las dos opuestas y se vuelven a esparcir en círculos quedando 2,00 kg, que se vuelven a cuartear y se obtiene 1,00 kg, sobre esta muestra se realizan los análisis pertinentes.

Imagen N° 1. Esquema de muestreo



5.5. TRATAMIENTO

Durante el tratamiento se realizaron actividades complementarias para mejorar el proceso y para evaluarlo.

5.5.1. AGREGADO DEL INÓCULO Y DE MICROORGANISMOS EFICASES

- El inóculo es el material que se obtiene al cernir el compostaje generalmente se le denomina material de reciclaje o escoria, se agregó 25,00 kg de inóculo al momento de la formación de la ruma homogenizando con la materia prima.

Fotografía N° 43. Agregado del inóculo

- El riego con microorganismos eficaces se realizó los días del volteo para una mejor homogenización en toda la ruma.

Fotografía N° 44. Riego con microorganismos eficaces

5.5.2. VOLTEOS DE LAS RUMAS

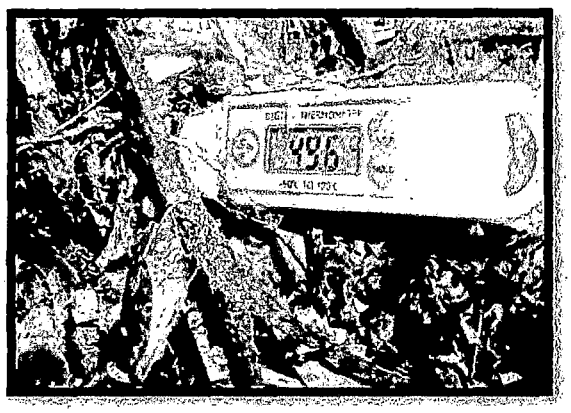
Esta actividad fue realizada manualmente con la ayuda de lampas y picos, los volteos fueron tres veces por semana hasta que fue necesario.

Fotografía N° 45. Volteo de la ruma en cada etapa del proceso

5.5.3. REGISTRO DE LA TEMPERATURA

Se realizó el registro de la temperatura con la ayuda de un termómetro digital, esta actividad fue realizada los mismos días del volteo ya que así nos permitió tomar la temperatura interna de la ruma.

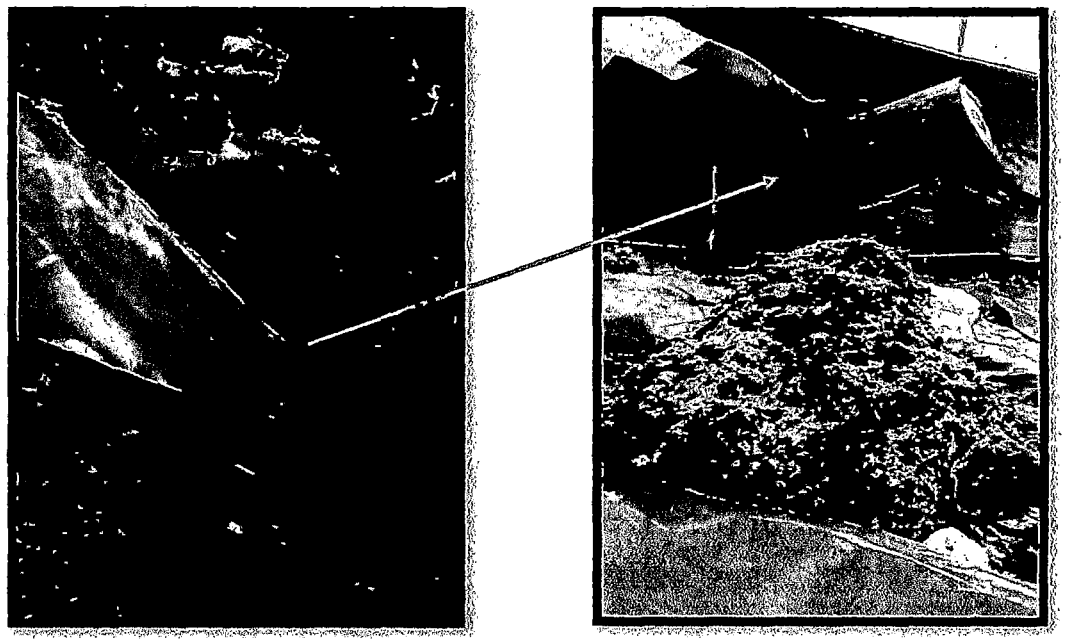
Fotografía N° 46. Medición de la temperatura



5.5.4. CONTROL DEL LIXIVIADO

La generación de lixiviados fue mínima, encontrándose la primera semana 1,50 L aproximadamente por cada ruma, con el pasar de los días se fue encontrado solo 100,00 ml por ruma, el lixiviado generado fue devuelto a cada ruma respectivamente en el momento del volteo.

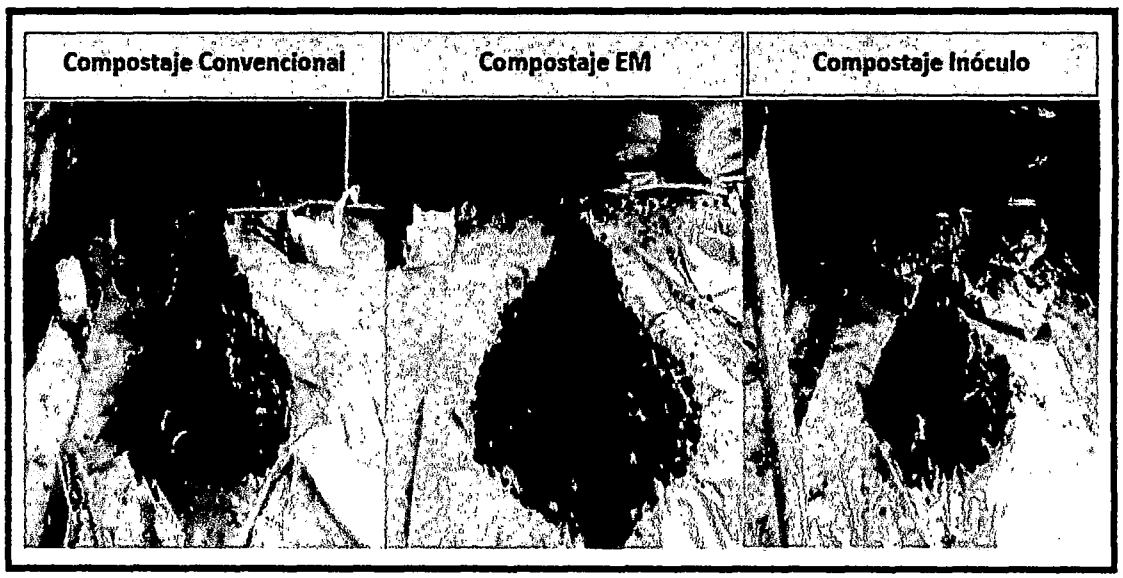
Fotografía N° 47. Generación de lixiviado



5.6. COSECHA

Después de 42 días (C-I), 48 días (C-EM) y 54 días (C-C) se procedió con la cosecha del compost utilizando una malla metálica de 1,00 cm^2 de cocada, no se tomó en cuenta el color y olor a compost, como también la estabilización de la temperatura.

Fotografía N° 48. Panorama de los tratamientos



Fotografía N° 49. Material cosechado

CAPITULO VI

MARCO REFERENCIAL

6.1. GENERALIDADES

El marco referencial trata sobre la normativa que rige para gestión de los residuos sólidos municipales. Estas normas tienen únicamente carácter de Norma Técnica Referencial.

Conforme a lo señalado por la ley N° 27314 Ley General de Residuos Sólidos y el Decreto Supremo N° 057-04-PCM Reglamento de la ley General de Residuos Sólidos, El Ministerio del Ambiente es la Autoridad Sanitaria competente a efectos de formular dispositivos legales referidos al manejo de los residuos sólidos Municipales en el Perú, esto quiere decir que ninguna entidad del Poder Ejecutivo puede atribuirse competencias que se encuentran reservadas al Ministerio del Ambiente.

6.2. NORMAS SOBRE EL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS

La Ley N° 27314, Ley general de residuos Sólidos (LGRS) y su Reglamento, Decreto supremo N°057-2004-PCM, han establecido en el país el marco institucional para la gestión y manejo de los residuos sólidos que responde a un enfoque integral y sostenible que vincula la dimensión de la salud, el medio ambiente y el desarrollo, en el proceso de reformas del Estado, de las políticas públicas y de la participación del sector privado.

El primer artículo de la Ley establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana. El Ministerio de Salud como rector de las políticas de salud en el

país ha establecido como prioridad en materia de residuos sólidos, una agenda de acción para proteger el medio ambiente, para proteger y promover la salud de la población.

La Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) del Ministerio de Salud como autoridad de la salud a nivel nacional con alcance transectorial en la gestión de los residuos sólidos está implementando una serie de acciones como parte de las políticas de Salud Ambiental, en sujeción y cumplimiento de la LGRS y su Reglamento, en los aspectos normativos; en la formalización y aplicación de instrumentos de gestión y; en la vigilancia y fiscalización sanitaria.

Considerando la importancia de dar a conocer el nuevo marco institucional de la gestión de los residuos sólidos, la DIGESA con la cooperación de la Organización panamericana de la Salud (OPS) publica estos instrumentos legales así como las acciones principales que el Ministerio de Salud ha priorizado en materia de residuos sólidos como parte inherente a las políticas de Salud Ambiental a fin de que, gobiernos locales, entidades sectoriales, empresas prestadoras y comercializadoras, y los sectores productivos en general se adecuen e internalicen las disposiciones de la LGRS y su reglamento.

6.3. NIVELES JERARQUICOS DE LAS NORMAS Y ESTRUCTURA

En el Perú, las normas jurídicas se hallan integradas en un único sistema jurídico, ellas se encuentran jerarquizadas primando una sobre otras, lo que se determina mediante una serie de principios como la Constitucionalidad, Legalidad, Competencia, Jerarquía del Órgano que lo adopta. En esta parte se analiza el lugar que ocupa cada una de las normas a la luz de la constitución política de 1993.

6.4. A NIVEL NACIONAL

a) Primario

Su ubicación en el primer eslabón normativo obedece a ser una norma que emana de la soberanía del pueblo con fuerza vinculante tanto para las autoridades como para los ciudadanos de donde se desprende su rigidez y su superioridad.

La constitución política del estado es la primera de las normas del ordenamiento, la norma fundante y la ley superior.

Principio de Constitucionalidad: Las normas constitucionales tienen primacía sobre cualquier otra norma del sistema jurídico y así en caso una norma se oponga a ésta se aplicará la norma constitucional.

b) Secundario

Las Normas, en este nivel son las Leyes que aprueba el Poder Legislativo del Perú.

c) Terciario

Las Normas son Decreto Supremo, Resolución Suprema, Resolución Ministerial, Resolución Directoral, Resoluciones de organismos Reguladores, Principios, que son dictadas por el Poder Ejecutivo en sus diversas instancias y funciones.

Cuadro N° 24. Resumen de Jerarquía de normas vinculadas al saneamiento

Nivel Jerárquico	Primario	Secundario	Terciario
Tipo de Norma	1. Constitución 2. Leyes constitucionales	1. Tratados 2. Ley Orgánica 3. Leyes 4. Decreto 5. Decreto Legislativo	1. Decreto supremo 2. Resolución suprema 3. Resolución ministerial 4. Resolución Directoral 5. Resolución de organismo regulador
Principio de Supra Ordenación	Constitucionalidad	Legalidad	Competencia Jerárquica del órgano de dicha norma
Artículos	Constitución de 1993, artículo 2, inciso I: Derecho a la vida e integridad física. Artículos 7, 9 Derecho y Políticas de Salud. Artículos 66 y 67 El uso de los Recursos Natrales Hídricos.	En este rango Normativo solo existen leyes que señalan que el Ministerio de Salud es competente para emitir normas sobre Manejo de residuos Solidos	Decreto Legislativo N° 1065-2008 (1) Resolución ministerial N° 205-2006-PRODUCE (2) Resolución Ministerial R.M. N° 702-2008-MINSA (3) Resolución Directoral N° 007-2008-EF-68.01 (4)

Fuente: Propia

(1)Decreto Legislativo N° 1065-2008 que modifica la Ley N° 27314, Ley general de Residuos Solidos

(2)Resolución Ministerial N° 205-2006-PRODUCE (Disposiciones para regular el procesamiento de residuos y descarte de especies hidrobiológicas generados por la actividad de procesamiento industrial pesquero orientado al consumo humano directo)

(3)Resolución Ministerial R.M. N° 702-2008-MINSA ("Norma Técnica de Salud que guía el manejo selectivo de residuos sólidos por segregadores"

(4)Resolución Directoral N° 007-2008-EF-68.01 ("Guía de Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Residuos Sólidos Municipales a Nivel de Perfil")

6.5. A NIVEL REGIONAL LOCAL

En el nivel regional y local se tiene Ordenanzas y Decretos tanto de los concejos regionales como de los municipales.

6.6. A NIVEL JERARQUICO SECUNDARIO

Constitución Política del Perú de 1993 (reformada por la ley N° 27680)

6.7. MARCO REFERENCIAL DE INVESTIGACION

- Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos.
- Decreto Supremo N° 057-04-PCM Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos.
- Ley N° 27792, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Ley N° 27657, Ley del Ministerio de Salud.
- Ley N° 27813, Ley del Sistema Nacional Coordinado y Descentralizado de Salud.
- Decreto legislativo N° 757, Ley Marco a la Inversión Privada en el Perú.
- Ley N° 25965, Ley de Creación de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento SUNASS.
- Ley N° 27332, Ley Marco de organismos reguladores de Servicios Públicos.
- Ley N° 27783, Ley de bases de la Descentralización.
- Ley N° 27867, Ley Orgánica de Gobiernos Regionales.

- Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades.
- Ley N° 26338, Ley General de Servicios de Saneamiento.
- Ley N° 26842, Ley General de Salud.

6.8. MARCO REFERENCIAL DE INVESTIGACION

La presente investigación, toma en consideración las siguientes normas legales:

- Ley General del Ambiente, Ley N° 28611.
- Ley General de Salud, Ley N° 26842.
- Ley General de Residuos Sólidos, Ley 27314.
- Decreto del Consejo Directivo N° 004-2005-CONAM/CD, aprueba el Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos.
- Ley Orgánica de Municipalidades, Ley N° 27972.
- Reglamento de la Ley N° 273312 (D.S. N° 057-20040PCM), Julio del 2004.
    - Asimismo, la DIGESA y el CONAM, en los años anteriores han elaborado y presentado procedimientos y/o guías técnicas en relación a la gestión y manejo de residuos sólidos, para ser adaptados y aplicados por las instituciones ejecutivas.
    - Por otro lado, a Nivel del distrito de Huaraz, hasta el 2014, la Municipalidad sólo cuenta con 06 Documentos de Gestión en relación al manejo de residuos sólidos.
        1. Ordenanza Municipal N° 01-2012-MPH, que amplía la Ordenanza Municipal N°29-2012-GPH sobre el régimen tributario de los arbitrios de limpieza pública, parques y jardines públicos y seguridad ciudadana con vigencia para el año fiscal 2012.
        2. Decreto de Alcaldía N° 08-2012-MPH-A, que aprueba el programa de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos domiciliarios en un 7% de viviendas urbanas del distrito de Huaraz.

3. Ordenanza Municipal N°12-2012-MPH, que incorpora el literal "F" a la Ordenanza Municipal N° 029 - 2010-GPH sobre el régimen tributario de los Arbitrios de limpieza pública, parques y jardines públicos y Seguridad Ciudadana.

4. Publicación -2013, PROGRAMA DE SEGREGACIÓN EN LA FUENTE Y RECOLECCIÓN SELECTIVA DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS EN UN 10% DE LAS VIVIENDAS URBANAS DEL DISTRITO DE HUARAZ

5. Ordenanza Municipal N°22-2013-MPH, que aprueba el Plan integral de gestión ambiental de Residuos Sólidos - PIGARS - 2013, actualizado de la Municipalidad Provincial de Huaraz.

6. Ordenanza Municipal N° 01-2014-MPH, amplía la Ordenanza municipal N°29-2010-GPH sobre el régimen tributario de los arbitrios de limpieza pública, parques y jardines públicos y seguridad ciudadana con vigencia para el año fiscal 2014.

Se evidencia que existe cierto vacío legal en el Gobierno provincial en cuanto a la gestión y manejo de residuos sólidos: por lo que la municipalidad deberá guiarse de la normativa nacional existente, para su respectiva implementación y cumplimiento.

CAPITULO VII

MARCO TEORICO

7.1. RESIDUOS SOLIDOS

7.1.1. Definición:

Muchas son las diferentes definiciones que se tienen para establecer lo que son los residuos, cada una de estas definiciones contienen distintos matices que distinguen y clasifican los residuos en sí mismos.

Según la Real Academia Española:

- Parte o proporción que queda de un todo
- Lo que resulta de la descomposición o destrucción de una cosa
- Materia que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación.

Según Ley general de RRSS[1]

Son residuos sólidos son aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente, para ser manejados a través de un sistema que incluya, según corresponda, las siguientes operaciones o procesos:

- Minimización de residuos
- Segregación en la fuente

[1] LEY GENERAL DE RESIDUOS SOLIDOS (LEY N° 27314) ARTICULO 14.- Definición de residuos sólidos

- Reaprovechamiento
- Almacenamiento
- Recolección
- Comercialización
- Transporte
- Tratamiento
- Transferencia
- Disposición final

Esta definición incluye a los residuos generados por eventos naturales

7.1.2. Problemas de la mala gestión de los residuos

La mala gestión de los residuos sólidos origina una serie de problemas directos que se resume en los siguientes aspectos:

- La presencia de residuos abandonados en las calles, lo cual deteriora el paisaje.
- Los botaderos no controlados, debido a su gran contenido de materia orgánica putrescible, producen olores desagradables.
- Los residuos fermentables son altamente combustibles y su vertido incontroladamente suele traer como consecuencia incendios que provocan emisiones contaminantes y perdidas de ecosistemas.
- Los residuos sólidos vertidos sin control contaminan el suelo y las aguas, el metano por la descomposición anaeróbica contamina el aire
- Los residuos orgánicos favorecen a la aparición de grandes cantidades de roedores, (ratas) e insectos (cucarachas, moscas, mosquitos, etc.) que son vectores de transmisión de enfermedades y de contaminación bacteriana, originando graves problemas epidérmicos.

BIBLIOTECA

7.1.3. Residuos domésticos y comerciales

Consisten en residuos sólidos orgánicos (combustibles) e inorgánicos (incombustibles) de zonas residenciales y establecimientos comerciales. La fracción orgánica de los residuos sólidos domésticos y comerciales está formada por materiales como restos de comida, papel de todo tipo, cartón, plásticos de todos los tipos, textiles, goma, cuero, madera y residuos de jardinería. La fracción inorgánica está formada por artículos como vidrio, cerámica, latas, aluminio, metales, plástico, suciedad. Si los componentes de los residuos no se separan cuando se desechan, entonces la mezcla de estos residuos se conoce como RSU domésticos y comerciales no seleccionados.

Los residuos que se descomponen con rapidez se denominan residuos putrescibles, siendo su principal fuente la manipulación y preparación de comida. Su descomposición provoca olores desagradables y reproducción de moscas. En muchas ocasiones, la naturaleza putrescible de los residuos influirá en el diseño y en la operación del sistema de recogida de residuos sólidos. A este tipo de residuos se les llama generalmente materia orgánica, aunque no es estrictamente correcto.

El papel residual encontrado en los residuos sólidos urbanos esta típicamente compuesto de periódicos, libros y revistas, impresos comerciales, papel de oficina, cartón, embalajes de papel, pañuelos y toallas de papel.

7.1.4. Composición de los residuos sólidos

La composición de los residuos depende básicamente de los siguientes factores:

a. Modo y nivel de vida de la población: el consumo de productos alimenticios ya preparados hace que aumente el contenido de envases y embalajes de todo tipo, pero por otra parte se produce una disminución de restos vegetales, carnes y grasas, por emplearse como alimento animal o fertilizante orgánico. El mayor uso del gas y la electricidad hace disminuir el contenido de escorias y cenizas de los residuos.

b. Actividad de la población y características, ya sean zonas rurales o núcleos urbanos, áreas residenciales o zonas de servicio:

- En áreas rurales se observa un predominio de productos fermentables.
- En núcleos urbanos aumenta sensiblemente la cantidad de residuos de envases y empaques (vidrio, plásticos, papel/cartón), aunque sigue predominando la materia orgánica (en menor proporción que en el caso de núcleos rurales)
- En zonas de servicios se observan un claro predominio de los envases y empaques frente a cualquier otro tipo de residuo.
- En zonas industriales, los residuos son a veces peligrosos, y también se presentan envases y embalajes.

c. Climatología general de la zona y estacionalidad: Los residuos recogidos en verano presentan un mayor contenido de restos de frutas y verduras, mientras que las escorias y cenizas procedentes de las calefacciones domesticas aumentan en invierno. El contenido de humedad es mayor en las estaciones con alta pluviosidad.

Debido a la elevada heterogeneidad de los residuos urbanos se plantea la necesidad de reagrupar sus diferentes componentes en grupos de mayor o menor homogeneidad, para que la posterior recuperación sea más sencilla y menos costosa.

Es frecuente englobar los diferentes componentes de los residuos en tres grandes grupos, en función al tratamiento al que vayan a ser sometidos:

- Inertes: comprende vidrio, restos de cerámica, restos de obras domiciliarias, tierra, cenizas, etc.
- Fermentables: Es la típica fracción orgánica de la basura, susceptible a descomposición y putrefacción. Engloban los restos de comida principalmente.

- Combustibles: Son todos aquellos que tienen capacidad de ser empleados como combustibles por su alto poder calorífico como papel, cartón, plásticos, gomas, cueros, telas, etc. (Tratamiento Y Gestión De Residuos Sólidos 2007)

También se pueden clasificar en función de su lugar de producción:

- Domésticos
- Comerciales
- Limpieza publica
- Centros de salud
- Construcción y demolición
- Industriales

7.2. TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS ORGANICOS

La generación de residuos es muy variable y está directamente relacionada con los hábitos de consumo y con el desarrollo económico (patrones de producción); sin embargo, en términos generales, el mayor porcentaje de residuos sólidos que se genera en el Perú lo tiene la materia orgánica. (Informe anual de Residuos Sólidos Municipales y no Municipales en el Perú Gestión 2012-MINAM).

La concentración de la población en núcleos urbanos y un aumento progresivo del nivel de vida han provocado un incremento en la generación de residuos urbanos. Ante la necesidad de buscar una solución a este problema, el compostaje ha recibido mucha atención como tecnología potencial para el tratamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos. (Barrena, 2006).

Con la utilización de plantas de compostaje, la cantidad de basura destinada para la disposición final en un relleno o botadero se puede reducir a un 50%. Este porcentaje puede variar según la composición de la basura. En caso que los desechos reciclables sean recogidos separadamente y los desechos orgánicos sean compostados, el

porcentaje de la basura descargada en el relleno puede reducirse a un 35 - 40 %. (Roben, 2002).

7.2.1. SISTEMAS DE COMPOSTAJE UTILIZADOS

Para el tratamiento de los animales muertos, el sistema de compostaje ampliamente, utilizado es el denominado compostaje en dos etapas: en la primera, se degradan, entre otros, los tejidos que conforman el cadáver, incluidos pelos, plumas y huesos: y en la segunda, se completa el proceso a través de la degradación de otros compuestos orgánicos existentes en la mezcla (Kalbasi y col., 2005). Después de estas dos etapas, en algunas partes, se aconseja un último proceso de maduración (Morse, 2001; Keener y col. 2002).

Las composteras pueden ser permanentes o temporales. Los primeros pueden estar construidos de madera tratada, mampostería, etc. En algunos lugares o en circunstancias especiales, las composteras se construyen con balas de paja: composteras temporales. En ambos casos, las composteras tienen forma de prisma de base cuadrada o rectangular, de 1,50 m de altura (nunca debe exceder los 1,8 m) y de ancho variable en función de la maquinaria utilizada para el manejo del material, aunque se aconseja que no sea superior a 2,50 m. Se ha observado que funcionan mejor las composteras pequeños; sin embargo, su tamaño no debe ser inferior 1,20 x 1,20 x 1,20 m.

El volumen de los compostadores depende de la cantidad de animales que sea necesario tratar diariamente y de su peso medio. En el caso de ganado aviar, el tamaño normal de un compostador es de 1,50 x 1,50 x 2,50 m.

Recientemente, con el objeto de disminuir el tiempo de compostaje, se ha pensado en la oportunidad de triturar los animales antes de iniciar el proceso, propiamente dio. Teóricamente de esta forma se puede conseguir disminución del tiempo de compostaje sin, embargo surgen importantes problemas en la trituración de los animales en buenas condiciones higiénicas.

7.3. MATERIA ORGÁNICA

Constituidas por varios bioelementos, unidos por enlaces fuertes (C – C), por ejemplo: glúcidos, proteínas, etc. Están constituidos por esqueleto de carbono a los cuales se les liga a otros elementos.

7.3.1. GLUCIDOS O CARBOHIDRATOS:

Los carbohidratos o hidratos de carbono están formados por carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O) con la formula general (CH2O).
Se clasifica según su tamaño, empezando por los más pequeños: monosacáridos

MONOSACÁRIDOS (azucares simples)

Son las unidades básicas de los carbohidratos, los otros dos grupos de la unión de dos o más monosacáridos. Son dulces, sólidos, cristalinos y solubles en agua. Según la cantidad de carbonos que tienen se les llama: triosas (3c), tetrosas (4c), pentosas (5c), hexosas (6c), etc.

Los más conocidos son la glucosa (dextrosa), fructuosa (levalosa), galactosa, ribosa, desoxirribosa.

a) Glucosa:

La glucosa es un monosacárido con fórmula molecular C6H12O6. Es una hexosa, es decir, contiene 6 átomos de carbono, y es una aldosa, esto es, el grupo carbonilo está en el extremo de la molécula (es un grupo aldehído). Es una forma de azúcar que se encuentra libre en las frutas y en la miel. Su rendimiento energético es de 3,75 kilocalorías por cada gramo en condiciones estándar. Es un isómero de la fructosa, con diferente posición relativa de los grupos -OH y = O.

Características:

La glucosa, libre o combinada, es el compuesto orgánico más abundante de la naturaleza. Es la fuente primaria de síntesis de energía de las células, mediante su oxidación catabólica, y es el componente principal de polímeros de importancia estructural como la celulosa y de polímeros de almacenamiento energético como el almidón y el glucógeno.

Las células lo utilizan como fuente primaria de energía y es un intermediario metabólico. La glucosa es uno de los principales productos de la fotosíntesis y combustible para la respiración celular.

Todas las frutas naturales tienen cierta cantidad de glucosa (a menudo con fructosa), que puede extraerse y concentrarse para preparar un azúcar alternativo.

Los organismos fotoautótrofos, como las plantas, sintetizan la glucosa en la fotosíntesis a partir de compuestos inorgánicos como agua y dióxido de carbono, según la reacción:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$

b) Fructuosa

La fructosa es el principal azúcar que se encuentra de forma natural en la miel y la fruta (por ejemplo, uvas, higos, manzanas y zumos de frutas) y en pequeñas cantidades en algunas hortalizas (por ejemplo, zanahorias). Asimismo, la fructosa está unida a la glucosa en el azúcar común o de mesa (sacarosa), que contiene una mitad (50%) de fructosa y otra mitad (50%) de glucosa.

c) Galactosa

La galactosa es un monosacárido formado por seis átomos de carbono o hexosa, que se convierte en glucosa en el hígado como aporte energético.

Además forma parte de los glucolipidos y glucoproteinas de las membranas celulares de las células.

Está formado por la unión de glucosa y galactosa, el mayor aporte de galactosa en la nutrición proviene de la ingesta de lactosa de la leche aunque también se puede encontrar en algunas legumbres (habas y guisantes) y algunos alimentos artificiales (caramelos, helados, medicamentos, galletas, productos enlatados y productos de confitería). En realidad, solo la glucosa permite la obtención de energía mientras que la galactosa debe sufrir un proceso de conversión en glucosa para que sea utilizada también como fuente de energía.

OLIGOSACARIDOS:

El grupo más importante de los oligosacáridos es el de los disacáridos, o azucares dobles, que son la unión de los monosacáridos, mediante perdida de una molécula de agua formando así un enlace tipo éter. Entre estos figuran.

a) Lactosa (Glucosa + galactosa):

La latosa es un disacárido formado por la unión de una molécula de glucosa y otra de galactosa. Al formarse el enlace entre los dos monosacárido se desprende una molécula de agua.

b) Sacarosa (Glucosa + Fructuosa):

Se sintetiza en plantas, pero no en animales superiores. La sacarosa es un producto intermedio principal de la fotosíntesis, en variados vegetales constituye la forma principal de transporte de azúcar desde las hojas a otras partes de la planta. En las semillas germinadas de plantas, las grasas y proteínas almacenadas se convierten en sacarosa para su transporte a partir de la planta en desarrollo.

c) Maltosa (Glucosa + Glucosa):

No se encuentra comúnmente en los alimentos. Sin embargo, puede obtenerse por medio del almidón. La fórmula química de la maltosa es: $C_{12}H_{22}O_{11}$. S e puede encontrar en granos en germinación (como la cebada) y en pequeña proporción en el jarabe de maíz.

POLISACÁRIDOS:

Los polisacáridos son biomoléculas formadas por la unión de una gran cantidad de monosacáridos. Se encuentran entre los glúcidos, y cumplen funciones diversas, sobre todo de reservas energéticas y estructurales. No son dulces, son insolubles en agua y no cristalizan. Entre los más importantes tenemos:

a) Almidón:

En la sustancia de reserva energética más importante de los vegetales. Se encuentra presente en la mayoría de los alimentos de origen vegetal que consumimos: papa, yuca, arroz, pan, fideos, etc.

b) Glucógeno:

Es la sustancia de reserva energética más importante de los animales. Abunda en el hígado y los músculos.

c) Celulosa:

La celulosa es un polisacárido estructural en las plantas, ya que forma parte de los tejidos de sostén. La pared de una célula vegetal joven contiene aproximadamente un 40 % de celulosa; la madera un 50 %, mientras que el ejemplo más puro de celulosa es el algodón, con un porcentaje mayor al 90 %.

La celulosa es uno de los componentes más abundantes de la biomasa vegetal que es degradada por una serie de microorganismos mediante la acción de varias enzimas no asociadas en complejos, como en los hongos filamentosos y en algunos actinomicetos o formando un complejo denominado "celulosoma", como en los clostridios y en bacterias. Estas enzimas han sido ampliamente estudiadas en hongos mesófilos, tales como Trichoderma.

Degradación de la celulosa

La celulosa es uno de los componentes más abundantes de la biomasa vegetal que es degradada por una serie de microorganismos mediante la acción de varias enzimas no asociadas en complejos, como en los hongos filamentosos y en algunos actinomicetos o formando un complejo denominado "celulosoma", como en los clostridios y en bacterias. Estas enzimas han sido ampliamente estudiadas en hongos mesófilos, tales como trichoderma.

Sin embargo, sus actividades hidrolíticas son afectadas por una serie de factores físicos y químicos que limitan su aplicación a nivel industrial. Por ello, existe la necesidad de aislar cepas con mejores rendimientos en la cantidad de enzimas liberadas al medio extracelular y que mantengan la calidad intrínseca de dichas enzimas, además que expresen una elevada estabilidad de su actividad a pH extremos, solventes orgánicos, detergentes iónicos y principalmente la de mantener sus actividades enzimáticas a elevadas temperaturas de reacción. Por esta razón, los microorganismos termófilos han sido sugeridos como fuentes alternativas de celulasas por la termoestabilidad de sus enzimas.

Entre las bacterias que destacan tenemos algunas especies de los géneros clostridium, streptomyces, thermonospora y thermobifida. En el caso de los clostridios, clostridium cellulovorans hidroliza la celulasa en condiciones de streptomyces, Thermomonospora y Thermobifida la degradan en un ambiente aeróbico. Taxonómicamente los géneros Streptomyces, Thermomonospora y Thermobifida se ubican en el orden Actinomicetales y son comúnmente denominados actinomicetos.

d) Quitina:

La quitina es uno de los componentes principales de las paredes celulares de los hongos. La quitina es un polisacárido compuesto de unidades de N - acetilglucosamina.

Es el segundo polímero natural más abundante después de la celulosa. Es altamente insoluble en agua y en solventes orgánicos debido a los enlaces de hidrógeno que presenta la molécula.

7.4. PROCESO DE COMPOSTADO

Los microorganismos sobreviven en un determinado hábitat porque son capaces de colonizarlo y utilizar los recursos contenidos en el mismo. El compostaje es un proceso basado en el control de factores selectivos de la ecología microbiana. Diversos factores bióticos (nutricionales y ambientales) y abióticos (competición, capacidad de supervivencia), relacionados entre sí, condicionan la sucesión de ambientes diferentes necesarios para la consecución del compostaje (COMPOSTAJE, Joaquín Moreno Casco Opto).

Lo importante no es biodegradar, sino poder conducir esta biodegradación por rutas metabólicas, que permitan la obtención de un producto final lo más apropiado posible, en el menor tiempo posible. El éxito de un proceso de compostaje, dependerá entonces de aplicar los conocimientos de microbiología, manejando la pila de compost como un medio de cultivo. (TRATAMIENTO Y GESTION DE RESIDUOS SOLIDOS 2007, Francisco José Colomer Mendoza).

7.5. PARÁMETROS DEL PROCESO DE COMPOSTAJE

7.5.1. Estructura

Numerosos materiales pierden rápidamente su estructura física cuando ingresan al proceso de compostaje, otros no obstante, son muy resistentes a los cambios, tal es el caso de materiales leñosos y fibras vegetales en general. En este caso la superficie de contacto entre el microrganismo y los desechos es pobre, no hay que olvidar el carácter osmotrofo de la gran mayoría de las bacterias.

Cuando se presenta una situación de este tipo, por ejemplo se dispone de restos de podas de pequeño diámetro, se deben mezclar estos residuos con otro de diferentes estabilidad estructural, de forma tal que aumente la superficie de contacto. Una opción sería la mezcla de estos restos de poda con excretas en proporciones tales que se asegure una buena relación C/N de entrada. (TRATAMIENTO Y GESTION DE RESIDUOS SOLIDOS 2007, Francisco José Colomer Mendoza).

000121
BIBLIOTECA
FCAM
UNAC

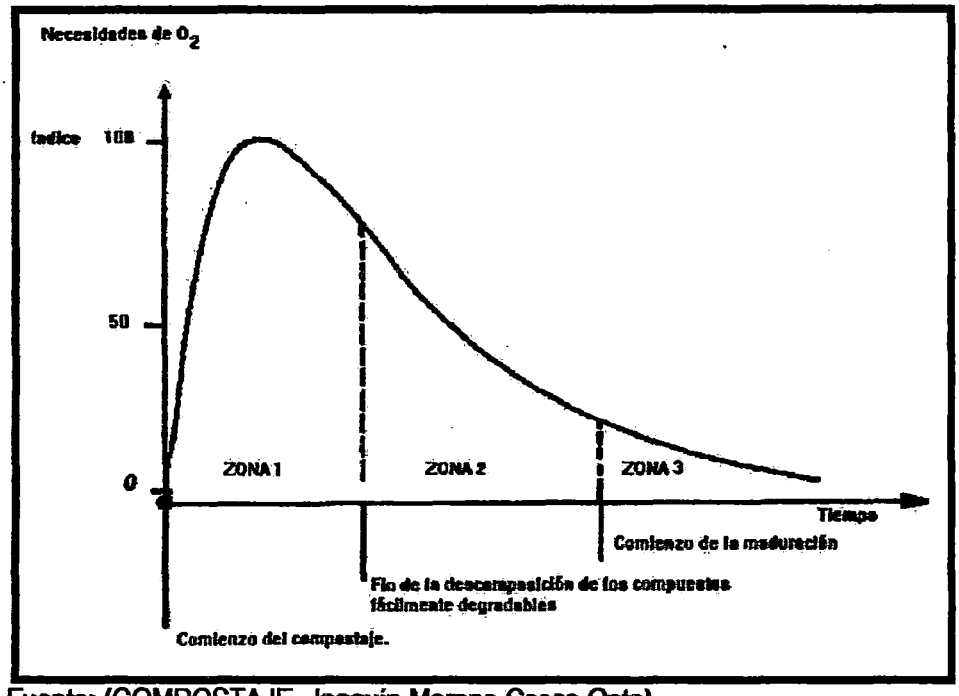
7.5.2. Oxigeno

El compostaje es un proceso desarrollado típicamente por microorganismos con metabolismo aeróbico. Por esta razón es imprescindible permitir el acceso de oxígeno a todas las partes del material en tratamiento, de modo que se facilite la proliferación y actividad de tales microorganismos. La insuficiencia de oxígeno provoca que los microorganismos cambien su tipo de producción de energía hacia procesos fermentativos, mucho menos eficientes energéticamente (menos producción de calor, procesos más lentos), los cuales generan productos secundarios indeseables (metano y sustancias productoras de malos olores), no favorecen el aumento necesario de temperatura, por lo que sanitariamente el producto puede ser peligroso, y no logran la estabilización biológica total del producto.

Los requerimientos de oxigeno son diferentes en cada fase del compostaje, cuanto mayor sea la actividad microbiana más elevado es el consumo de tal elemento. Así en la primera fase mesófilica e inicio de termofilica, se produce un crecimiento microbiano más rápido y la suplementación de oxígeno debe ser mayor para evitar su agotamiento. En cambio, en la fase de maduración tal elemento no suele constituir un factor limitante, ya que la actividad y el crecimiento de los microorganismos se reduce notablemente por agotamiento de los nutrientes fácilmente asimilables.

La porosidad de los materiales, el volteo periódico o un sistema de aireación forzada mediante succión o presión, son operaciones que favorecen unas buenas condiciones de aireación. Sin embargo, incluso la buena ejecución de tales operaciones no asegura un acceso completo del oxígeno a todas partes del material. En muchas ocasiones se generan microambientes anaeróbicos en los que proliferan predominantemente bacterias anaerobias facultativas responsables de la producción de malos olores en procesos bien aireados.

Gráfico N° 16. Curva teórica de las necesidades de oxigeno durante el compostaje



Fuente: (COMPOSTAJE, Joaquín Moreno Casco Opto)

Según la figura:

- Zona1. Actividad de máxima degradación aerobia. Necesidades de oxígeno: elevada (0,5 m3/min/t M.S.)
- Zona2. Actividad media de degradación aerobia. Necesidades de oxígeno: media (0,1 m3/min/t M.S.)
- Zona3. Actividad baja de degradación aerobia. Necesidades de oxígeno: baja (inferior a 0,1 m3/min/t MS).

7.5.3. Tamaño de la partícula

Algunos materiales deben ser triturados hasta obtener un tamaño de partículas susceptibles al ataque microbiano, esta operación acelera notablemente la mayoría de procesos de compostaje. A menor tamaño de partícula, mayor es la superficie de contacto con los microorganismos, y consecuentemente, se facilita la degradación de la materia orgánica. Además, un tamaño de partícula pequeño facilita la homogenización y mezcla de los materiales, y favorece el

aislamiento térmico, lo que ayuda al mantenimiento de las temperaturas optimas durante todas las etapas del proceso. No obstante, un tamaño de partícula excesivamente pequeño, puede provocar la compactación del material y por tanto generar condiciones de anoxia.

7.5.4. Composición del sustrato y balance de nutrientes

Los microorganismos implicados en el compostaje necesitan que una serie de nutrientes específicos se encuentren en una forma química disponible, y a concentraciones adecuadas. Algunos nutrientes necesarios en mayor cantidad (macronutrientes) son el carbono (C), nitrógeno (N), fosforo (P) y potasio (K). El carbono es utilizado como fuente principal de energía y junto con el nitrógeno contribuyen a la síntesis de proteínas y al crecimiento microbiano. Fosforo y potasio son esenciales a nivel metabólico y, al igual que carbono y nitrógeno, durante el proceso de división celular. Otros micronutrientes, o elementos traza, utilizados por los microorganismos en cantidades mínimas, aunque indispensables, son el boro, calcio, cloro, cobalto, cobre, hierro, magnesio, manganeso, molibdeno, sodio y zinc. El papel principal de estos elementos es favoreces que se lleve a cabo la asimilación correcta del resto de nutrientes. La mayoría de estos elementos se encuentran en niveles tolerables en los sustratos. No obstante, la presencia de cantidades mayores a las estrictamente necesarias podría ser toxica para los microorganismos implicados en el compostaje.

El carbono y el nitrógeno se consideran los componentes limitantes para que se dé un proceso adecuado. La cantidad de carbono incorporado por las células de crecimiento por unidad de carbono degradado se encuentra alrededor del 30% aunque puede variar dependiendo del contenido energético del sustrato, el microorganismo" las condiciones ambientales. Si se asume que el contenido medio en CIN de las células microbianas es de 10 la relación C/N teórica óptima para que el sustrato soporte el crecimiento de los microorganismos sin pérdidas de nitrógeno es de 30. Dicha relación C/N disminuye durante el compostaje debido a que parte del carbono se pierde como CO_2, por la respiración microbiana, mientras que la mayor parte del nitrógeno es reciclado. Una relación C/N demasiado elevada limita la cantidad

de nitrógeno disponible para crecimiento celular a expensas de la materia orgánica; lo que conduce a la inactivación del proceso; mientras que lo contrario acelera inicialmente el crecimiento microbiano y la descomposición de la materia orgánica. Esto último, sin embargo agotaría rápidamente las reservas de oxígeno, dando lugar a condiciones de anoxia. El exceso de nitrógeno además conduce a pérdidas de nitrógeno en lixiviados (nitrato) o en gases (amoniaco).

No todos los materiales que tienen similar contenido en los elementos mencionados son compostados de igual forma. El tipo de moléculas que componen la materia orgánica y que influyen dichos elementos determina la biodegradabilidad del material. La capacidad de los microorganismos para asimilar la materia orgánica depende de su habilidad para producir las enzimas necesarias para la degradación del sustrato. Un tamaño molecular elevado así como la presencia de enlaces químicos complejos dificulta la degradación por parte de algunos microorganismos. Y por tanto el proceso global de descomposición de la materia orgánica se produce más lentamente. Así las moléculas orgánicas monoméricas (azúcares y aminoácidos) son más fácilmente degradadas que las poliméricas como las proteínas, los lípidos, la hemícelulosa, la celulosa y la lignina, en orden decreciente de biodegradabilidad.

7.5.5. Temperatura

La temperatura es uno de los factores que influye de forma más crítica sobre la velocidad de descomposición de la materia orgánica durante el compostaje. Las temperaturas óptimas del proceso se encuentran entre 45 y 59 °C. Temperaturas menores de 20 °C frenan el crecimiento microbiano y, por tanto la descomposición de los materiales. Por Otro lado, si la temperatura es superior a 59 °C se inhibe el desarrollo de gran parte de los microorganismos o provoca su eliminación con lo que se reduce la tasa de descomposición microbiana.

Los microorganismos tienden a degradar la materia orgánica de forma más eficiente cuando se encuentran en el límite superior de su rango de temperatura de crecimiento. Por tanto un proceso de compostaje será más

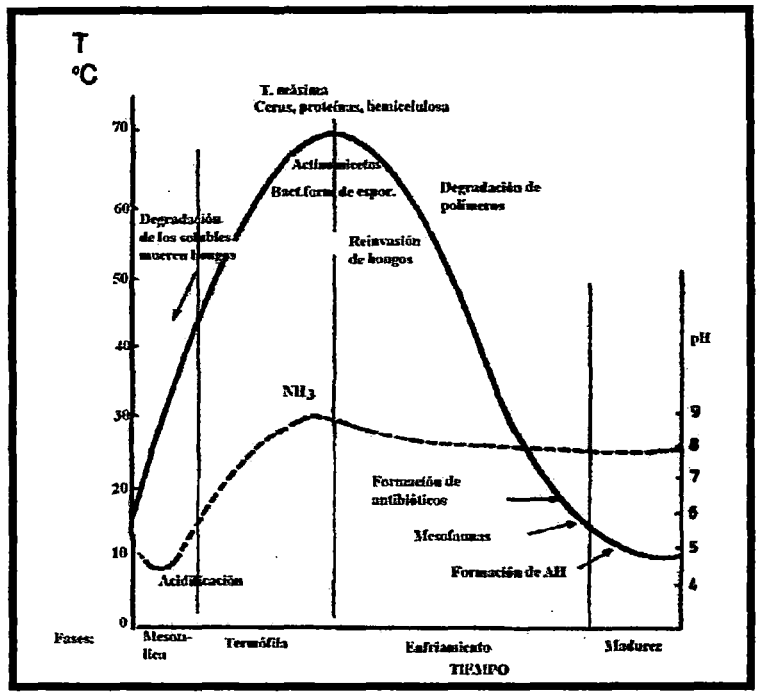
efectivo en cuanto las temperaturas se mantengan en los niveles más elevados que no permitan la inhibición de la actividad microbiana. En este sentido algunos datos indican que el proceso de compostaje es auto limitante, de modo que la generación y acumulación de calor no permite de forma general, que las temperaturas medias más elevadas superen los 60 °C, la cual es suficiente además para asegurar la muerte de patógenos tanto humanos como vegetales.

7.5.6. pH

Al igual que la temperatura la evolución del pH a lo largo del compostaje sigue una curva típica en función de la etapa en la que se encuentre el proceso. La actividad metabólica de los microorganismos presentes en la pila de compostaje condiciona variaciones en los valores de pH, que a su vez dependen en gran medida del valor de pH de las materias primas. Por un lado, las bacterias prefieren valores de pH comprendidos entre 6 y 7 mientras que los hongos toleran un rango más amplio que puede oscilar entre 5,5 y 8. Si el pH desciende por debajo de 6, los procesos de descomposición microbianos, especialmente por parte de las bacterias, se tienen valores de pH cercanos o superiores a 9, favorecen la conversión del nitrógeno en amonio, afectando negativamente al crecimiento) actividad de los microorganismos.

La mayor parte de los procesos de descomposición durante el compostaje ocurren a valores de pH entre 5,5 y 9. Al inicio del proceso se forma gran cantidad de ácidos orgánicos como consecuencia de la actividad de bacterias pro- ductoras de tales compuestos, que conducen a un descenso del pH a valores en tomo a 5. En este momento la actividad de los hongos ácido tolerantes juega un importante papel. La utilización microbiana de los ácidos orgánicos la proteólisis y la mineralización de nitrógeno con liberación de amoniaco durante el inicio de la fase termófila conducen a un incremento gradual del pH hasta alcanzar valores en tomo a 8,5. Posteriormente, los niveles de pH se estabilizan en valores cercanos a la neutralidad. Cuando esta estabilización no se alcanza se considera un parámetro indicativo de falta de madurez del producto.

Gráfico N° 17. Evolución de la Temperatura (-) y el pH (--) durante las diferentes etapas del compostaje



Fuente: (COMPOSTAJE, Joaquín Moreno Casco Opto)

7.5.7. Humedad

El contenido en agua de las materias primas, la actividad microbiana, el nivel de oxígeno y la temperatura son factores directamente relacionados con la humedad de una pila de compostaje. Las actividades microbianas relacionadas con el crecimiento y división celular requieren unas condiciones de humedad óptimas. La presencia de agua dentro de la pila de compostaje es imprescindible para el transporte de sustancias y nutrientes, de modo que los hace más accesibles para los microorganismos. Niveles de humedad menores del 40 - 45 %, originan un descenso en la actividad microbiana principalmente la bacteriana ya que los hongos permanecen biológicamente activos a humedades más bajas. Sin embargo, humedades por debajo del 20 % inhiben casi totalmente dicha actividad y, por tanto, el proceso de compostaje. Un exceso de agua (> 65 %, de humedad), afecta negativamente a la disponibilidad de oxígeno y podría originar condiciones de anaerobiosis y un lavado de nutrientes por lixiviación.

7.5.8. Relación Carbono/Nitrógeno

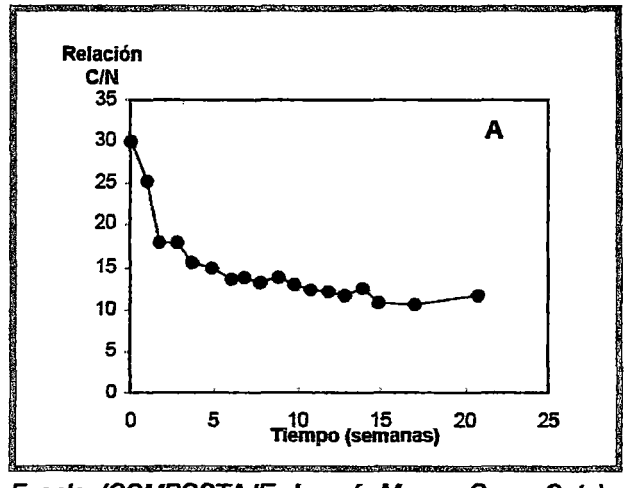
Los microorganismos de una composta utilizan el carbono para conseguir energía y el nitrógeno para la síntesis de proteínas. El parámetro que mide esta proporción se llama relación "carbono/nitrógeno" (C/N) (INE, 2007). La relación C/N se usa tradicionalmente como índice para determinar la madurez y estabilidad de la materia orgánica.

El carbono y el nitrógeno son dos elementos importantes en el proceso de compostaje ya que además de soportar el crecimiento microbiano son elementos básicos de la materia orgánica a compostar. El carbono es aproximadamente el 50% de la masa celular, así como fuente de energía metabólica El nitrógeno por su parte es un componente mayoritario de ácidos nucleicos, proteínas estructurales, enzimas y coenzimas, todo necesario para el crecimiento y desarrollo de las funciones microbianas.

La relación C/N varía según los diferentes materiales usados en el proceso de compostaje. El valor de esta relación decrece según avanza el proceso de compostaje, por lo que es importante como indicador de la evolución del proceso, ya que refleja el estado de los materiales que se están compostando.

Al inicio del proceso la relación debe estar en tomo a 25-35, esto se logra mediante una buena mezcla de materias primas. De todas formas siempre se puede variar esta relación de forma artificial. (COMPOSTAJE, Joaquín Moreno Casco Opto).

Gráfico N° 18. Evolución de la relación C/N durante el compostaje



Fuente: (COMPOSTAJE, Joaquín Moreno Casco Opto)

7.5.9. Factores bióticos

El compostaje se caracteriza por la interacción y sucesión de varios tipos de microorganismos que presentan diferentes demandas nutricionales y ambientales.

La comunidad microbiana en los sustratos de partida, unidos a los que colonizan la pila de compostaje desde el entomo circundante constituyen el conjunto de agentes biológicos responsables del proceso biotransformativo. El tipo predominante de microorganismos en cada fase depende de su eficiencia competitiva y de su capacidad supervivencia frente a las condiciones imperantes. Durante el proceso se produce una selección de microorganismos regida básicamente por la disponibilidad de nutrientes y la temperatura, evolucionando desde el predominio inicial de microorganismos tales como las bacterias capaces de metabolizar compuestos orgánicos simples de fácil degradación, hasta los que degradan compuestos orgánicos complejos menos biodegradables tales como los hongos y actinomicetos y que son característicos de la fase de maduración. En cada una de las etapas intermedias, la temperatura determinará la población específica de acuerdo con su tolerancia a dichas condiciones.

Las bacterias son con diferencia los microorganismos que alcanzan los mayores niveles en las fases mesófila y termófila iniciales, aunque se detectan en todas las fases, pero decrecen considerablemente en la fase de maduración. Las razones de este, éxito se fundamentan en su elevada velocidad de crecimiento, su gran diversidad metabólica, la capacidad de algunas especies para formar esporas muy resistentes a condiciones ambientales adversas y la presencia de representantes capaces de desarrollarse en amplios rangos de temperatura. Estas características permiten que las bacterias se adapten más fácilmente a los cambios rápidos en disponibilidad de sustratos y otros parámetros (temperatura, humedad y disponibilidad de oxígeno) que caracterizan las primeras fases y en las que presentan una amplia ventaja competitiva frente a hongos.

El grupo de los actinomicetos (actinobacterias o bacterias filamentosas) merece mención especial por ciertas características diferenciales respecto al resto de bacterias. Este grupo bacteriano presenta cierta similitud con los hongos. Estos microorganismos adoptan formas filamentosas que dan lugar a un pseudomicelio parecido al de hongos, se desarrollan más lentamente y tienen mayor capacidad para metabolizar compuestos orgánicos complejos que otras bacterias. Además, muchas especies de actinomicetos pueden inhibir el crecimiento de otros microorganismos mediante la producción de antibióticos distintas enzimas líticas y parasitismo. Estos microorganismos se detectan en número considerable en todas las fases del compostaje, porque adicionalmente incluyen representantes termófilos. Ocasionalmente pueden ser tan numerosos que se visualizan como una capa blanquecina. Además, son los agentes responsables del olor a tierra mojada característico del compost que es debido a la producción de un compuesto volátil denominado gcosmina.

7.6. ETAPAS DEL COMPOST

7.6.1. ETAPA DE LATENCIA

Es la etapa inicial, considerada desde la conformación de la pila hasta que se constatan incrementos de la temperatura, con respecto a la temperatura del material inicial. Esta etapa, es notoria cuando el material ingresa fresco al compostaje. Si el material tiene un tiempo ya de acopio puede pasar inadvertida. La duración de esta etapa es muy variable, dependiendo de numerosos factores. Si son correctos: el balance C/N, el PH y la concentración parcial de oxígeno, entonces la temperatura ambiente y fundamentalmente la carga de biomasa microbiana que contiene el material, son los dos factores que definen la duración de esta etapa. Con temperatura ambiente entre los 10 y 12°C, en pilas adecuadamente conformadas, esta etapa puede durar de 24 a 72 horas.

7.6.2. ETAPA MESOTERMICA 1 (10-40°C):

En esta etapa, se destacan las fermentaciones facultativas de la microflora mesofilica, en concomitancia con oxidaciones aeróbicas actúan actinomicetos (aerobios estrictos), de importancia por su capacidad de producir antibióticos. Se dan también procesos de nitrificación y oxidación de compuestos reducidos de azufre, fosforo, etc. La participación de hongos se da al inicio de esta etapa y al final del proceso, en áreas muy específicas de las pilas de compostaje. La etapa mesotermica es particularmente sensible al binomio optimo humedad. Aireación. La actividad metabólica incrementa paulatinamente la temperatura. La falta de disipación de calor produce un aumento aun mayor y favorece al desarrollo de la microflora termofilica que se encuentra en estado latente en los residuos. La duración de esta etapa es variable, depende también de numerosos factores.

7.6.3. ETAPA TERMÓGENA (40-75°C):

La microflora mesofilica es sustituida por la termofilica debido a la acción de Bacilos y Actinomicetos termofilicos, entre los que también se establecen relaciones del tipo sintroficas. Normalmente en esta etapa, se eliminan todos los mesofilos patógenos, hongos, esporas, semillas y elementos biológicos indeseables. Si la compactación y ventilación son adecuadas, se produce visibles emanaciones de vapor de agua. El CO_2 se produce en volúmenes importantes que difunden desde el núcleo a la corteza. Este gas, juega un papel importante en el control de larvas de insectos. La corteza y más en aquellos materiales ricos en proteínas, es una zona donde se produce la puesta de insectos. La concentración de CO_2 resulta letal para las larvas. Conforme el ambiente se hace totalmente anaerobio, los grupos termofilicos intervinientes, entran en fase de muerte. Como esta etapa es de gran interés para la higienización del material, es conveniente su prolongación hasta el agotamiento de nutrientes.

7.6.4. ETAPA MESOTERMICA 2:

Con el agotamiento de los nutrientes, y la desaparición de los termófilos, comienza el descenso de la temperatura. Cuando la misma se sitúa aproximadamente a

temperaturas iguales o inferiores a 40°C se desarrollan nuevamente los microorganismos mesofilos que utilizaran como nutrientes los materiales más resistentes a la biodegradación, tales como la celulosa y la lignina restantes en las pilas. Esta etapa se le conoce generalmente como etapa de maduración. Su duración depende de numerosos factores. La temperatura descenderá paulatinamente hasta presentarse en valores muy cercanos a la temperatura ambiente. En este momento se dice que el material se presenta estable biológicamente y se da por culminado el proceso.

Cuadro N° 25. Algunos parámetros de control de la calidad de compost

Temperatura	Estable
Color	Marrón oscuro - negro ceniza
Olor	Sin olor desagradable
PH	Alcalino
C/N	≥ 20
N° de termófilos	Decreciente a estable
Respiración	0 < 10 mg/g compost
Media	0 < 7,5 mg/g compost
COD	< 700 mg/g (peso seco)
ATP	Decreciendo a estable
CEC	> 60 meq/100 libre de cenizas
Actividad de enzimas hidrosolubles	Incrementándose – estable
Polisacáridos	< 30-50 mg glúcidos/g. peso seco
Reducción de azucares	35 %
Germinación	< 8
Nematodos	Ausentes

Fuente: TRATAMIENTO Y GESTION DE RESIDUOS SOLIDOS 2007, Francisco José Colomer Mendoza.

Las etapas mencionadas, no se cumplen en la totalidad de la masa en compostaje, es necesario, remover las pilas de material en proceso, de forma tal que el material que se presenta en la corteza, pase a formar parte del núcleo. Estas remociones y reconformaciones de las pilas se realizan en momentos puntuales del proceso, y permiten además airear el material, lo que provoca que la secuencia de etapas descrita se presente por lo general más de una vez. Desde el punto de vita microbiológico la finalización del proceso de compostaje se tipifica por la ausencia de actividad metabólica. Las poblaciones microbianas se representan en fase muerte por agotamiento de nutrientes. Con frecuencia la muerte celular no va acompañada de lisis. La biomasa puede permanecer constante por un cierto periodo aun cuando la gran mayoría de la población se haya hecho no viable. Las características descritas, corresponden a un compost en condición de estabilidad. Esta condición se diagnostica a través de diversos parámetros. Algunos de ellos, se pueden determinar en campo (temperatura, color, olor), otras determinaciones se deben realizar en laboratorios. (TRATAMIENTO Y GESTION DE RESIDUOS SOLIDOS 2007, Francisco José Colomer Mendoza).

7.7. DISEÑO GENERAL DE UN SISTEMA DE COMPOSTAJE

7.7.1. ASPECTOS CUALITATIVOS

Es importante caracterizar adecuadamente los residuos que se van a compostar, de acuerdo a sus criterios. De existir alguna dificultad en los balances de nutrientes, se deben identificar localmente fuentes de desechos que permitan realizar las correcciones necesarias. De acuerdo a cada caso se instrumentara los procedimientos de pre compostaje necesarios. Un aspecto muy importante a tener en cuenta es asegurarse que los residuos están libres de contaminantes químicos. En particular metales pesados. Esta situación no es frecuente en desechos provenientes de la actividad agropecuaria, pero puede presentarse en algunos residuos de origen agroindustrial y en residuos sólidos domiciliarios.

7.7.2. ASPECTOS CUANTITATIVOS

La cuantificación de los volúmenes disponibles para compostar, así como la frecuencia de ingreso de los mismos, es un dato de gran importancia, ya que permite calcular la necesidad de área de compostaje y determinar la unidad de compostaje. Es aconsejable manejarse con medidas volumétricas y determinar los parámetros: Densidad (D), Masa (M) y volumen (V), a partir de la formula D=M/V expresando la mas en toneladas (t), y el volumen en m3.

7.7.3. UNIDAD DE COMPOSTAJE

La unidad de compostaje, es la masa de residuos que permitirá la conformación de una pila y que ingresara al sistema como una unidad independiente del resto.

7.7.4. DISEÑO DE LA PILA DE COMPOSTAJE

No es aconsejable la conformación de pilas de pequeños volúmenes, ya que las fluctuaciones de temperatura en estos pequeños volúmenes son muy bruscas. Por encima de dos metros de altura, como altura la mitad de la base permitirá obtener una buena relación superficie/volumen.

7.7.5. EL TIEMPO DE COMPOSTAJE (TC)

Se entiende por tiempo de compostaje (Tc), el tiempo transcurrido desde la conformación de una pila hasta la obtención de compost estable. El Tc, varía según las características de los residuos a compostar, las condiciones climatológicas (temperatura, ambiente, % de humedad relativa, etc.); manejo fisicoquímico; manejo microbiológico y características del producto final que se desea obtener. El Tc, es un parámetro que puede ser controlado y establecido con cierto grado de certeza a través del conjunto de técnicas descritas con anterioridad.

7.7.6. ÁREA DE COMPOSTAJE

El área donde se conforman las pilas y se lleva a cabo el proceso se denomina corrientemente eras de compostaje. En el momento de seleccionar el área destinada a las eras se consideraran los siguientes factores:

En lo posibles estas áreas deben situarse en los puntos topográficos más altos del terreno. Nunca se ubicaran en depresiones del mismo. Es necesario que el

área presente una pendiente superior al 1% hacia las cotas menores del terreno, para evacuar aguas pluviales y colectar los lixiviados.

La impermeabilidad del suelo es otro factor a considerar, ya que es posible la contaminación de aguas subterráneas.

7.7.7. PREPARACIÓN DE LAS ÁREAS DE COMPOSTAJE

Una vez seleccionada el área de acuerdo a los criterios mencionados, se procederá a retirar de la misma, malezas, arbustos u otros elementos que interfieran con la operación del sistema. Posteriormente, se realizara la compactación y nivelación del terreno. Es conveniente que el área este rodeada de una canaleta perimetral. Para los lixiviados se debe construir una balsa con dimensiones adecuadas.

7.7.8. DIMENSIÓN DEL ÁREA DE COMPOSTAJE

Las dimensiones del área estarán determinada por la unidad de compostaje (Uc) y el tiempo de compostaje (Tc).

Se considera además el espacio necesario entre pilas a lo que se le llama pasillos. Este espacio es necesario para manejar las pilas. Las dimensiones están sujetas a la forma en que realicen las operaciones de remoción y aireación.

7.8. MANEJO DEL SISTEMA DE COMPOSTAJE

Una de las reglas fundamentales a tener en cuenta para el sistema es mantener la independencia física de la unidad de compostaje (Uc). Nunca se debe adicionar material nuevo a una pila que ya ha sido conformada. Solo cuando se tiene material equivalente a la Uc se debe conformar una pila.

Es importante llevar de cada Unidad de compostaje, registros de los datos más relevantes:

- Fecha de conformación
- Relación C/N de entrada
- Temperatura del material antes de su ingreso al sistema

- Temperatura ambiente

En la práctica, el material tendera a escamparse, perdiendo las dimensiones iniciales. Esto es totalmente normal. Cuando se reconformen las pilas hay que conservar las dimensiones de diseño originales.

7.8.1. Aireación y Homogenización de la masa en compostaje

Este procedimiento tiene dos objetivos: favorecer los metabolismos aerobios y procurar que el proceso se cumpla homogéneamente en toda la masa en compostaje. Esta aireación se puede hacer tanto manualmente como mecánicamente. Siempre se debe de procurar que en el movimiento se logre que el material perteneciente al núcleo de compostaje pase a formar parte de la corteza y éste al núcleo.

7.8.2. Cuando airear y cuando regar

No existen frecuencias preestablecidas de aireación y riego que resulte aplicable para todos los casos posibles. Las aireaciones excesivas, son tan perjudiciales como los riesgos en exceso. Uno de los parámetros, que resultara de fácil determinación es la temperatura y es a partir de la misma que podremos en gran parte, ejercer un control sobre el proceso.

7.8.3. Control de la temperatura

La temperatura debe ser tomada en el núcleo de la pila. Existen termómetros especialmente diseñados para este fin. Considerando la longitud de la pila se toma en diferentes puntos y se saca y promedio.

7.8.4. Control de humedad

Para el control de la humedad puede aplicarse el siguiente procedimiento empírico:

- Se toma con la mano una muestra del material.
- Se cierra la mano y se aprieta fuertemente el mismo.
- Si con esta operación verifica que sale un hilo de agua continuo del material, entonces se puede establecer que el material contiene más de 40% de humedad.

- Si no se produce un hilo continuo de agua y el material gotea intermitentemente, se puede establecer que su contenido de humedad es cercano al 40%.
- Si el material no gotea y cuando se abre el puño de la mano permanece moldeado, se estima que la humedad se presenta entre un 20 a 30%.
- Finalmente si se abre el puño y el material se disgrega, se asume que el material contiene una humedad inferior al 20%.

7.8.5. Control de aireación y riego por temperatura

Se recomienda realizar las aireaciones, cuando comienza a decrecer la temperatura, después de haber alcanzado su valor máximo en etapa termogenica. Inmediatamente a la remoción del material la temperatura experimenta un descenso, y paulatinamente vuelve a subir hasta completar una nueva etapa termogenica. Puede ser posible que solo se cumpla una etapa termogenica o más de dos. Esto dependerá de múltiples factores. Si las pilas han sido preparadas y las pilas han sido homogenizadas adecuadamente en el proceso de aireación, es frecuente que solo se presente no más de dos etapas termogenicas. Si hay necesidad de riego es conveniente hacerlo en las etapas mesotermicas. El riego debe ser lo más atomizado posible, para no producir cambios bruscos en la temperatura.

Este proceso de aireación y riego por control de temperatura, es una alternativa que tiene sus fundamentos en los grupos fisiológicos que intervienen, en los tipos de metabolismo y en los productos de estos metabolismos. Otros autores recomiendan hacer el volteo una vez por semana durante las primeras 4 semanas.

7.9. CLASIFICACION DE LAS TECNOLOGIAS DE COMPOSTAJE

Existen distintas clasificaciones de las tecnologías de compostaje. Según la movilidad que se conceda al material a compostar, subdividiéndose en: Sistemas dinámicos y estáticos. Según la forma física en la que se dispone el material, se tendrían: Pila, trincheras, mesetas, zanjas. etc. La clasificación más común se realiza en función del aislamiento del material a compostar con respecto al exterior, en cuyo caso se tendrían:

sistemas abiertos, semi-cerrados y cerrados. En ellos la variable sobre la que más se incide es el suministro de oxígeno mediante diferentes métodos de aireación. Por tanto, antes de entrar en el desarrollo de los distintos apartados de esta clasificación se va a abordar con una mayor profundidad el proceso de aireación. Debido a su gran importancia, éste marca sobremanera el desarrollo del proceso y gobierna muchos de los aspectos de la operación del sistema de compostaje.

7.9.1. PROCESO DE AIREACIÓN

Como ya se ha reseñado con anterioridad, el compostaje es un proceso biológico a través del cual los microorganismos convierten materiales orgánicos en compost consumiendo oxígeno para extraer energía y nutrientes de éstos. El oxígeno es suministrado a los materiales que se compostan a través del proceso de aireación.

El método de compostaje determina cómo tiene que ser realizado el mecanismo de aireación. Ésta proporciona el oxígeno necesario para que se desarrollen los procesos bioquímicos aeróbicos, eliminando, asimismo, calor, humedad, CO_2 y otros productos de descomposición. Sin embargo, durante el desarrollo del proceso de compostaje la cantidad de aireación necesaria para provocar un descenso de la temperatura es muy superior a la necesaria para la eliminación de humedad o suministro de O_2. Resultando que, la necesidad de aireación es más a menudo determinada por su influencia en la temperatura que por la demanda de O_2 del proceso. Aunque se pueden encontrar algunas variaciones, la aireación tiene lugar o pasivamente o por el movimiento forzado de aire. La aireación pasiva, también denominada aireación natural, tiene lugar por difusión y movimiento natural del aire. La aireación forzada se lleva a cabo, o bien a través de ventiladores o soplantes, o bien a través de la aspiración de aire que se mueve a través de los materiales se están compostando. Una tercera modalidad, aún en desarrollo, sería la inyección de O_2, directamente en el seno de un reactor cerrado de compostaje. A continuación, por ser los principalmente utilizados, se van a desarrollar los dos primeros sistemas de aireación.

7.9.2. AIREACIÓN PASIVA O NATURAL

Esta modalidad de aireación es llevada a cabo por tres mecanismos: difusión molecular, viento, y convección térmica. El primero de los mecanismos tiene lugar siempre que existe una diferencia de concentración de un componente entre dos medios, el material que está sometido al proceso de compostaje y el ambiente exterior. Este proceso funciona constantemente para corregir dichos desequilibrios y aisladamente implicaría una incorporación del oxígeno desde el exterior de la pila y la liberación de CO_2, hacia el ambiente exterior. Este flujo como tal es muy lento y tiene un escaso efecto en las pilas que se están aireando.

En referencia al viento, y en aquellas instalaciones que se encuentren al aire libre, éste puede ser un fenómeno con una aportación más significativa en la transferencia de O2. La influencia de este factor en la aireación de las pilas abiertas no ha sido estudiada en profundidad está basada en la observación empírica de algunos operadores de plantas de que la incidencia de las ráfagas de viento sobre las pilas en fermentación causan la emisión de vapor de agua desde las mismas, poniendo en evidencia dicha influencia.

El mecanismo de convección térmica es, probablemente, el principal responsable de la aireación pasiva en la mayoría de sistemas de compostaje. El calor generado durante el proceso de fermentación del compost aumenta la temperatura de los gases presentes en los materiales, disminuyendo su densidad. Los gases calientes son liberados de la masa en compostaje, creando un vacío que provoca que el aire fresco penetre. La eficacia de este proceso depende de la diferencia de temperatura entre los gases del interior y el aire del ambiente y de la mayor o menor resistencia al flujo del aire que penetra en la masa del material que se está compostando, es decir, la mayor o menor porosidad de los materiales implicados en el proceso. Este último factor es de gran importancia, mezclas húmedas o densas, como las que se pueden encontrar en el compostaje de biosólidos, pueden reducir o eliminar el potencial de la transferencia convectiva del 02.

La mayoría de los sistemas de compostaje en los que se lleva a cabo el proceso de la aireación pasiva implican normalmente una agitación o volteo periódico de los materiales. Pese a que el volteo cargaría a los materiales de aire fresco, el aire introducido en dicho proceso es rápidamente consumido en el proceso de compostaje. El efecto del volteo que mayor influencia tiene sobre la aireación es la reconstrucción del espacio poroso en el material que facilita los procesos de difusión y convección.

7.9.3. AIREACIÓN FORZADA

En esta modalidad el aire se suministra mecánicamente, utilizando soplantes o aspiración, a unos conductos asociados, junto con un sistema de control y suministro de la aireación. Existen innumerables combinaciones de sistemas y estrategias de control, así como configuraciones de equipos. Los materiales pueden ser aireados por un sistema y apagados independiente, o por un grupo de ventiladores que alimentan a una tubería común con una seria de válvulas que controlan en flujo de aire a pilas individuales, secciones de pilas o contenedores.

El aire se puede suministrar por presión positiva, el aire pasa a través de los materiales desde la red de distribución, o por presión negativa, absorbiendo el aire a través de los materiales del exterior y luego a través de la red de distribución. El movimiento del aire suele ser más eficiente cuando se emplea la presión negativa ya que la perdida de presión es favorable, ofreciendo asimismo la posibilidad de efectuar un tratamiento de los posibles olores presentes en la corriente captada, pero favorece la obturación de los conductores de aireación. Una alternativa puede consistir en la utilización de ambas estrategias, revirtiendo la dirección del flujo del aire en diferentes etapas del proceso de compostaje. La presión negativa en este caso sería utilizada principalmente al inicio del proceso cuando la generación de olores es más importantes. Esta reversión periódica del flujo ayudaría, asimismo, a la corrección de los gradientes de humedad temperatura que ocurren en los sistemas estáticos del compost.

Otra modalidad, que se realiza en algunos sistemas cerrados de compostaje, es el reciclado, de una porción de los aires de escape para retener la temperatura y la humedad en la masa a compostar.

La forma de aporte del aire en estos sistemas de aireación puede ser continua, siendo su flujo incrementado o disminuido cuando sea necesario, o bien intermitentemente, encendida y apagada según su necesidad. El aporte continuo reduce la fluctuación de los niveles de temperatura y O_2 de la masa a compostar, provocando, sin embargo, gradientes en el medio de compostaje, con una excesiva sequedad y bajas temperaturas permanentes en el entorno de la salida del aire.

La creación forzada suele ser controlada en base a la temperatura de los materiales que se están compostando, el flujo de aire es activado o incrementado cuando la temperatura del proceso sobrepasa la temperatura fijada. En otras ocasiones, la aireación es realizada durante periodos de tiempo definidos que se ajustan, ya sea manual o automáticamente, de acuerdo a la temperatura del proceso. Sin embargo, en ocasiones con un sistema de control a través de la temperatura es necesario un temporizador para activar la aireación a intervalos regulares para mantener las condiciones aeróbicas cuando la temperatura se encuentra por debajo de la fijada, especialmente durante las etapas iniciales y finales del compostaje. Los sistemas de compostaje normalmente incluyen varias zonas de temperatura, requiriendo cada una flujos de aire y temperaturas fijadas.

7.9.4. SISTEMAS ABIERTOS:

Los sistemas abiertos de compostaje suelen ser de bajo costo y tecnología sencilla, aplicables principalmente a pequeñas o medianas comunidades de zonas en las que la disponibilidad de terreno sea elevada, rurales o semirurales. Las características meteorológicas de la zona pueden ser determinantes para el desarrollo del proceso, limitándose mucho esta influencia con cubiertas sencillas sin paredes que implicarían un encarecimiento justificado de la instalación.

En algunos casos, como solución más económica, se suele cubrir tan sólo la zona de maduración o parte de ella con el fin de evitar rehumectaciones excesivas del material en las fases próximas al cribado final que podrían entorpecer mucho esta operación.

La forma de amontonamiento del material en este tipo de plantas es muy variado (pilas. mesetas. zanjas. etc.), así como los sistemas de manipulación de éste, lo más usual es utilizar sistemas dinámicos ya sea por medio de dispositivos especiales (volteadoras) o con maquinaria inespecífica (normalmente palas mecánicas), siendo menos frecuentes las que se decantan por métodos estáticos, con sistemas con aireación pasiva o forzada.

7.9.5. SISTEMAS SEMI-CERRADOS

En este tipo de sistemas todo el conjunto de operaciones que se llevan a cabo se encuentran dentro de una gran nave cubierta y cerrada que dispone de un sistema de extracción de la atmósfera interior a través de tuberías colocadas a lo largo del techo. Esta atmósfera interior, normalmente viciada con los gases provenientes masa en fermentación, es tratada por medio de un biofiltro.

Estos sistemas están concebidos para atender a poblaciones medianas o grandes y diseñadas para poder ser instaladas en las cercanías de la propia población, merced al control que permiten de los factores ambientales adversos, como los malos olores. En general, se consigue un control de las operaciones de trabajo superior al que se logra con los sistemas abiertos.
El sistema más conocido es el de las "Trincheras" o "Calles" en las que el material se coloca entre muretes longitudinales y es volteado por distintos procedimientos.

Sistemas cerrados o compostaje en reactores

En los sistemas cerrados, el material a compostar no está nunca en contacto directo con el exterior, sino a través de un sistema de conductos y turbinas. Al

tratarse de sistemas cerrados facilita el tratamiento de los olores generados en la fermentación.

La evolución de los sistemas de compostaje a sistemas cerrados ha representado un avance de gran importancia, tanto desde el punto de vista de proceso como por la calidad del producto final. Su desarrollo ha favorecido el uso del compostaje como una tecnología moderna de tratamiento de la materia orgánica de los residuos orgánicos.

En este tipo de sistemas las distintas variables del proceso, tales como contenido de humedad, composición de nutrientes, temperatura, pH, cantidad de gas, etc., podrían ser registrados, controlados, y optimizados. Esto conllevaría una degradación más rápida y completa con un mínimo impacto ambiental de las instalaciones.

7.10. TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS BIODEGRADABLES

Hay que tener en cuenta que cualquiera de los procesos de compostaje existentes en la actualidad, correctamente realizados es igualmente capaz de proporcionar un compost final de gran calidad agronómica atendiendo a su grado de higienización, presencia de una materia orgánica suficientemente boidegradada, estabilizada y libre de compuestos orgánicos nocivos, y tener un adecuado grado de humedad y relación C/N. La diferencia principal entre las distintas tecnologías de compostaje estriba en el tiempo de desarrollo del proceso, el equipamiento y la mano de obra necesaria para ello.

Asimismo, ninguna de las tecnologías es capaz de mejorar la calidad del compost en lo que se refiere a porcentaje de impurezas, de áridos o de metales pesados. Estos valores dependerán sólo de la calidad de la materia prima que se recibe y de los posibles pretratamientos antes de la fase de fermentación (casi siempre preferibles) y los realizados después de esta y/o de la fase de maduración.

A la hora de abordar el presente apartado se va a realizar una presentación de los principales métodos de compostaje existentes en las instalaciones de tratamiento de

residuos biodegradables sobre la base de la clasificación anteriormente descrita. Para, a continuación, desarrollar aquellas más representativas de las que se encuentran en la actualidad implantadas en el ámbito español.

7.10.1. Pilas o hileras volteadas

La tecnología para este tipo de compostaje es relativamente simple, y es así la más económica. Es el más utilizado en la práctica y el que se emplea casi siempre, junto con el de mesetas, para la fase de maduración. El sistema fue documentado en 1931 por Howard en Indore (India).

La mezcla de materiales a compostar se coloca en hilera o pilas de sección triangular o trapezoidal. La forma y relación altura/ ancho de la pila dependerá del ángulo estático propio del material a tratar, si es un material que se entrelaza bien y tiene estructura se podrá alcanzar mayor altura con una base concreta. Pero si el material carece de estructura, el triángulo de la sección de la pila será muy bajo para el mismo ancho de la base. Estas estructuras suelen tener una base de entre 3,00 y 4,00 metros como máximo y una altura de unos 2,00 – 2,50 metros, y una longitud de unos pocos a varias decenas de metros. Para la elección del tamaño de la pila ha de tenerse en cuenta la proporción de materiales fácilmente degradables presentes en el residuo (material lábil o volátil) y en la estructura, porosidad, del mismo. La primera marcará la tasa de consumo de oxigeno una vez que el proceso esté en marcha y la segunda la capacidad de reposición de oxígeno a través de poros del propio material, en descomposición, así como la distribución del calor generado en la fermentación. La obtención de una porosidad adecuada en la masa a compostar hace que en muchas ocasiones sea necesaria una adición de un material estructurante, normalmente de carácter celulósico, que contribuye así a mejorar la relación C/N del conjunto. Un programa de volteos y riegos periódicos con la suficiente frecuencia, o mejor aún condicionado a medidas de temperatura, nivel de oxígeno y/o humedad en el interior de la pila, debe asegurar la adecuada homogeneización del material, su higienización, haciendo pasar a todo el material por la zona central de la pila (en la que se mantienen las temperaturas más elevadas) y un mantenimiento de las

adecuadas condiciones de fermentación. Este volteo se debe hacer cuidadosamente para garantizar estos extremos, por lo que las máquinas volteadoras específicamente diseñadas son preferibles, en general, al uso de palas cargadoras. En todo caso, al ser un sistema típicamente discontinuo, con continuas oscilaciones en los niveles de humedad, oxígeno y temperatura no es el óptimo para el desarrollo de las reacciones de degradación biológica. De ahí que este proceso sea lento y aún con el adecuado programa de volteos y riegos se necesite un mínimo de 100 – 120 días para lograr unos adecuados niveles de estabilización.

Este tipo de sistemas de pilas dinámicas presentan las ventajas de conseguir una mayor homogeneización del material, una disminución mecánica del tamaño medio de partícula que contribuye a una mayor disminución de volumen y, por último, una mayor garantía de higienización del material al conseguirse que todo el material pase por fases termofílicas tras algunos de los volteos. Por el contrario presentan la gran dificultad de controlar su temperatura, posibles problemas de déficit de oxígeno en capas profundas, si la estructura no es la adecuada, y el elevado coste de las máquinas volteadoras, en el caso de adoptarse esta alternativa.

7.10.2. Pilas estáticas aireadas

El siguiente nivel de sofisticación del compostaje es la pila estática aireada, y fue desarrollado en los años setenta por investigadores del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) para el tratamiento de lodos de instalaciones de tratamiento de aguas residuales (Wilson, 1980). En este sistema se colocan los materiales sobre un conjunto de tubos perforados o una solera porosa, según se observa en la figura 6, conectados a un sistema que aspira (Beltsville) o insufla (Sistema Rutgers) aire a través de la pila. La aireación forzada suministra O_2, enfría la pila y elimina el vapor de agua, CO_2, y otros productos de descomposición. Una vez que se constituye la pila, no se toca, en general, hasta que la etapa activa de compostaje se haya completado.

Los componentes de una pila estática aireada incluyen una red de distribución de aire, una capa base de un material con elevada porosidad; el conjunto de

los materiales a compostar; una capa externa (18-30 cm) de material estable (compost maduro); y un sistema de control y suministro de aire. El material poroso ayuda a prevenir el atasco de los agujeros de aire y ayuda a difundir mejor el flujo que sale o entra en la tubería. La capa exterior aísla la tubería; separa a las moscas y otras plagas del material a compostar; y ayuda a retener los olores, el NH3 y el agua (Rynk y Richard, 2004). El sistema original de USDA se basaba en los niveles de 02, pero en la actualidad los sistemas de aireación de la pila se controlan comúnmente por la temperatura o por un temporizador ajustado de acuerdo con los niveles de temperatura. La altura de las mismas oscila entre los 3 - 4 m. viniendo limitada por el equipo que forma las pilas y por el peso de los materiales que se podrían compactar en su porción inferior. La anchura y longitud son muy variables dependiendo de la configuración de la instalación. Debido a que no hay mecanismos para mezclar el material durante el proceso de compostaje, los materiales deben ser mezclados cuidadosamente antes de colocarse en la pila. La humedad debe ser cuidada y mantenida en los niveles adecuados, partiendo de valores iniciales controlados y con una aireación que no seque demasiado (humectando el aire de entrada, si es necesario). La mezcla debe ser relativamente porosa y tener una buena estructura para resistir la compactación y el asentamiento. Las pilas estáticas ventiladas se suelen usar para materiales homogéneos como los lodos, que se mezclan con un substrato seco y poroso como astillas de madera o aserrín.

Las principales ventajas de este sistema son los buenos controles de oxígeno y temperatura, que posibilitan una rápida transformación de los residuos orgánicos en compost, y conlleva un uso más eficiente del espacio y unos escasos requerimientos de personal. Las principales desventajas del mismo vienen relacionadas con el hecho de que es un sistema estático, teniendo que prestar una especial atención a las características de los sustratos a compostar, con posibles problemas de compactaciones, cortocircuitos en el sistema de aire y de descomposición inconsistente en el lote de compost.

7.10.3. Trincheras, canales semicerrados

El proceso de compostaje en estos sistemas se desarrolla en una serie de canales, calles o trincheras que tienen entre 3,00 y 5,00 m de anchura, con muretes entre 2,00 y 3,00 m de altura y la longitud puede ser la que se desee (normalmente oscila entre los 60,00 y los 140,00 m), el número de calles también es variable (normalmente no más de 16,00 m). Los canales se encuentran abiertos por arriba y con dispositivos que permiten la circulación por encima de ellos de una máquina volteadora que remueve la pila de compostaje y la hace avanzar unos 3,00 - 4,00 metros cada vez. El material fresco llega por una serie de cintas transportadoras provisto de un sistema que permite descargarlo en el principio de una u otra calle a voluntad.

La novedad más relevante de este sistema es su método de volteo. En algunas configuraciones, éste se efectúa por medio de una volteadora que circula sobre unos railes situados a lo largo de la parte superior de los muretes y que puede ser pasada de una a otra calle por medio de puntos de transferencia situados al principio y al final de las mismas.

Esta disposición permite realizar un seguimiento y control de temperatura, humedad y el nivel de oxigeno con las mejoras que suponen los volteos periódicos, el riego simultaneo al volteo, y a la posibilidad de airear selectivamente, en unas zonas más que en otras, para ajustarse a las necesidades del sistema.

Normalmente, para aislar las trincheras de las inclemencias meteorológicas, se sitúan en grandes naves de bien aireadas, de forma natural o forzada, para evitar acumulaciones de gases y efectuar un tratamiento de los olores.

El tiempo de tratamiento es regulable, pero son normales los comprendidos entre 30 y 50 días (de 4 a 7 semanas). Como en los casos anteriores, cuanto mayor sea el tiempo de residencia en estos sistemas, más se completa la fase de fermentación y menos crítica y más sencilla será la fase de maduración. En

las distintas comunidades autónomas se pueden encontrar plantas con este sistema para el compostaje de diversos materiales.

7.10.4. Túneles estáticos

Este tipo de tecnología implica la construcción de una serie de contenedores es hormigón, u otros materiales, de unos 3,00 m de alto por 4,00 ó 5,00 m de ancho y de 20,00 ó 30,00 m de fondo. El contenedor está dotado de un sistema de aireación forzada, y normalmente a través de ranuras en el suelo, de sondas de temperatura, de humedad y de nivel de oxigeno; recogida de gases y de lixiviado; y sistema de riego.

En ellos, un sistema automatizado de control mide y regula la aireación, temperatura y humedad. En función de los valores de nivel de oxígeno y de aire reciclado o con una mezcla de amos. El control de temperatura puede realizarse fijando patrones de comportamiento en los que se suele delimitar un periodo termófilo y en otros mesófilos. Y la humedad del proceso regula por control del riego de la mezcla e función de las condiciones de entrada del material y de operación.

En estos túneles se introduce el material a compostar, llenándose hasta unos dos tercios de altura del túnel. En ellos se realiza la fase más energía de la fermentación, en la que las necesidades de oxígeno, de homogeneidad de la temperatura para una correcta higienización, y de aporte de agua para contrarrestar la que se pierde por evaporación, así como la generación de gases, son más levadas y constantes.

7.11. FACTORES QUE PRODUCEN OLORES EN EL COMPOST

Los compuestos que producen olores también dependen mucho de las condiciones de la pila y de la fase de proceso de compostaje. De este modo, los olores emitidos en condiciones anaeróbicas son diferentes de los emitidos en condiciones aeróbicas. La generación y el nivel del olor durante el compostaje son función de los residuos utilizados, del sistema de compostaje, del diseño de la experiencia y del manejo durante el proceso.

La dispersión de los compuestos contaminantes depende de las condiciones meteorológicas entre las que se encuentran la dirección y velocidad del viento, la cantidad de turbulencia, mecánica y termal, la estructura vertical termal, altura a la cual se mezclan como la atmósfera.

7.12. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL COMPOST

El compost en la actualidad es muy utilizado para el suelo debido a las propiedades químicas que este posee, como se menciona a continuación:

- Aumento de la disponibilidad de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), hierro (Fe) y azufre (S).
- Incremento de la eficiencia de fertilización.
- Estabiliza la reacción del suelo (pH) es decir el índice de acidez del suelo.
- Aumenta los macronutrientes y micronutrientes.
- Inactiva los residuos de plaguicidas debido a su capacidad de absorción.
- Inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan a las plantas.

En el siguiente cuadro se detallan los componentes químicos que tiene el compost al final del proceso.

Cuadro N° 26. Composición Química del compost

Componente	Rangos significativos	Interpretación
CE 1:5, 25°C (dS/m)	0,5 - 4	Es una medida de las sales solubles presentes en el compost. Valores superiores a 4 pueden producir un efecto de deshidratación en las plantas, sobre todo si se usa el compost como sustrato en proporciones elevadas en macetas, jardineras. Menos crítico si se aplica como abono sobre el suelo, especialmente en zonas húmedas.
Relación C/N	< 15 - 20	Es el cociente entre las cantidades de carbono y de nitrógeno del compost. Si es muy elevado indica que es un compost inmaduro y se puede reducir la disponibilidad de nitrógeno para las plantas.
Fosforo (%P2O5)	1,5 – 2,5	Los valores de los nutrientes minerales dependen en gran medida del biorresiduo de partida (proporción de residuos de jardín y de cocina), del proceso de compostaje (industrial o autocompostaje) y del cribado de la muestra.
Potasio (%K2O)	1 – 1,5	
Calcio (%CaO)	6 - 5	
Magnesio (%MgO)	0,2 – 0,5	
Sodio (%Na)	0,04 – 0,24	
Hierro (%Fe)	1,4 – 2,6	
Boro ppm	25 – 57	
N (%)	1,5 – 2	
N Orgánico (%)	0,89	
N amoniacal (%)	0,55	
N nítrico (%)	0,14	

Fuente: Norma oficial Chilena.

7.13. GENERALIDADES DE LOS MICROORGANISMOS.

7.13.1. Aplicaciones de los microorganismos.

La aplicación de microorganismos eficaces, está basado en la filosofía donde un grupo de microorganismos eficaces alcanzan una co-prosperidad por medio de la cooperación y la co-existencia.

El EM viene a ser un cultivo mixto de microorganismos no patogénicos que se encuentran de manera natural en el medio, este coctel de microorganismos se encuentran compuestos por bacterias procesadoras de ácido láctico, levaduras y bacterias fotosintéticas. Los microorganismos co-existen en un medio líquido natural y al momento que se introducen al ambiente, los efectos sinergéticos son beneficiosos.

7.13.2. Los Microorganismos eficientes (E.M).

Los microorganismos eficaces son bacterias benéficas naturales, que no se ven a simple de vista, pero que mejoran la estructura y la fertilidad del suelo, refuerzan la capacidad, de las plantas para extraer nutrientes y mejoran la resistencia de los cultivos a las plagas y las enfermedades.

Los microorganismos eficaces (EM) producen hormonas de plantas, sustancias bioactivas beneficiosas y antioxidantes durante la solubilización de nutrientes. Los subproductos metabólicos de los microorganismos eficaces catalizan la energía presente dentro del ecosistema el cual crea un ambiente más sano.
Su composición en general es por bacterias procesadoras de ácido láctico, levadura y bacterias fotosintéticas.

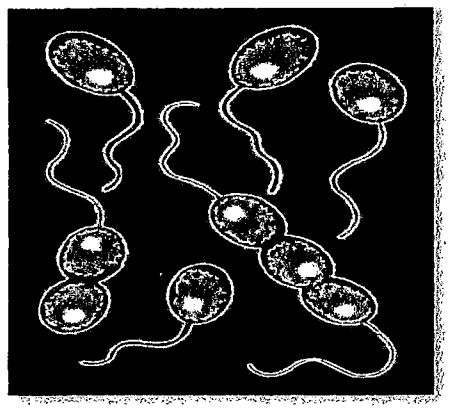
Algunas de las sustancias secundarias que son producidas por los microorganismos del EM son las inositol, ubiquinone, saponinas, polisacáridos de bajo peso molecular, polefenoles y quelatos. Estas sustancias pueden inhibir patógenos, por permitir el crecimiento de las especies benéficas.

Las sustancias antioxidantes son producidas al degradar materia orgánica. Se menciona que estas sustancias detoxifican, desionizan sustancias peligrosas.
El EM no debe considerarse como un fungicida, pues es una medida biológica para suprimir o controlar patógenos, a través del incremento de la competencia y antagonismo.

7.13.3. Las bacterias fotosintéticas

Este tipo de bacterias se automantienen a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases sulfhídricos. Los aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azucares producidos por las bacterias fotosintéticas incrementan su desarrollo y a la vez el desarrollo de otros organismos como las micorrizas, debido a que facilitan compuestos nitrogenados.

Imagen N° 2. Bacterias fotosintéticas

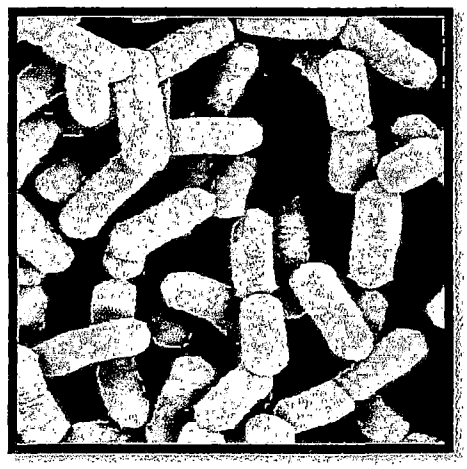


7.13.4. Las bacterias ácido lácticas

Este grupo es el más grande en el coctel del EM. Las bacterias acido lácticas producen sustancias inhibitorias tales como la reuterina, la cual es fungistática e inhibe el crecimiento de otras bacterias y protozoos.

Además, el ácido láctico proviene de azucares y otros carbohidratos secretados por las bacterias fotosintéticas y levaduras. El ácido láctico es una sustancia capaz de esterilizar y suprimir microorganismos dañinos. Estas bacterias aceleran la descomposición de la materia orgánica, ya que promueven el rompimiento y fermento de la lignina y celulosa.

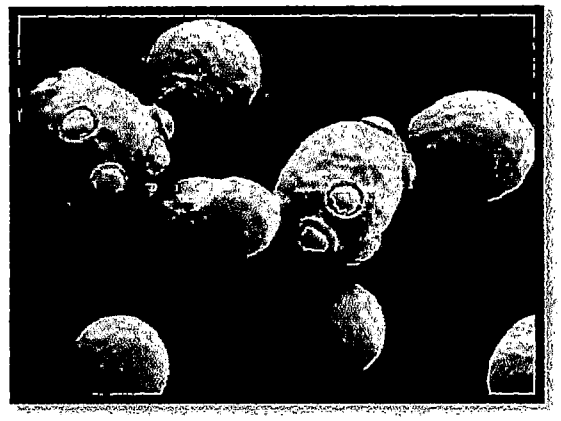
Imagen N° 3. Bacterias acido lácticas



7.13.5. Las levaduras

Este tipo de hongos sintetizan sustancias antimicrobianas, hormonas y enzimas a partir de aminoácidos y azucares secretados por bacterias fotosintéticas, materia orgánica y raíces, las cuales sirven de sustratos para las bacterias acido lácticas y actinomicetos.

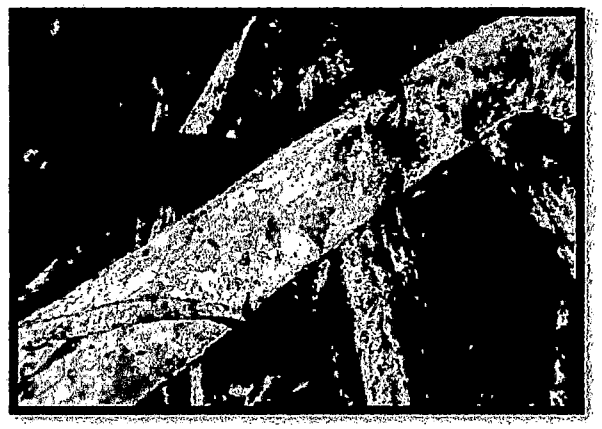
Imagen N° 4. Levaduras



7.13.6. Los actinomicetos

Estos hongos producen sustancias inhibidoras de hongos y bacterias (como los antibióticos), a partir de los aminoácidos secretados por bacterias fotosintéticas y materia orgánica.

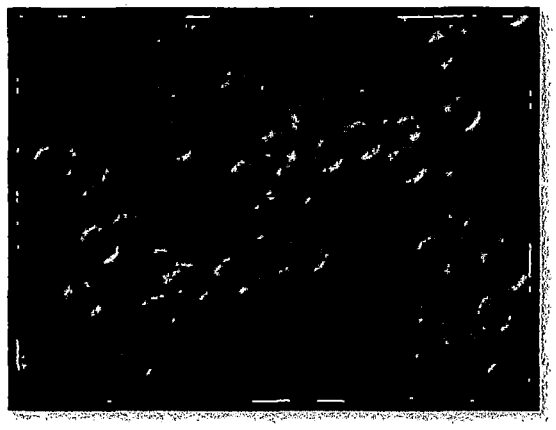
Imagen N° 5. Actinomicetos



7.13.7. Hongos de fermentación

Este tipo de hongos se encargan de descomponer la materia orgánica en alcohol, esteres y sustancias antimicrobianas, eliminado de esta manera el desarrollo de moscas y malos olores.

Imagen N° 6. Hongos de fermentación



7.14. VENTAJAS DEL COMPOST

➢ **EN LA AGRICULTURA**

- Su principal función es mantener o incrementar el contenido en materia orgánica del suelo, utilizándolo como abonado de fondo.
- La dosis de compost más adecuada es aquella que permite alcanzar unos niveles del 2 - 4% de materia orgánica en el suelo, procurando distribuir la enmienda a lo largo del tiempo y teniendo en cuenta el aporte de nutrientes (N, P, K y oligoelementos) que se realiza al aplicar esa dosis.
- Para realizar la distribución del compost, pueden utilizarse los mismos aperos que para otras enmiendas orgánicas como el estiércol. Sin embargo, existe un apero específico que optimiza su aplicación.
- Aporta al suelo materia orgánica y elementos minerales esenciales para las plantas.

- Mejora la estructura del suelo y reduce la erosión, es decir, logra una mejor retención de agua, evita la perdida de elementos fertilizantes y facilita el laboreo.
- Estimula la actividad de los microorganismos favoreciendo la fertilidad del suelo y el desarrollo vegetal.
- Aporta al suelo materia orgánica y elementos minerales esenciales para las plantas.
- Mejora la estructura del suelo y reduce la erosión, es decir, logra una mejor retención de agua, evita la perdida de elementos fertilizantes y facilita el laboreo.
- Estimula la actividad de los microorganismos favoreciendo la fertilidad del suelo y el desarrollo vegetal.

Como alternativa o complemento a la fertilización inorgánica

- El compost puede utilizarse como fertilizante para incrementar el rendimiento de las cosechas, con beneficios que se ven más claramente a medio y largo plazo.
- Además de aportar nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, oligoelementos) tiene la ventaja adicional de suministrar materia orgánica.

➢ EL COMPOST EN JARDINERIA Y PAISAJISMO

En céspedes

- Se ha comprobado cómo el compost en el sembrado y mantenimiento del césped mejora su vigor y aumenta la resistencia a las heladas y a los ataques por hongos. Para la siembra se recomiendan dosis de 2,40 a 5,00 litros/m^2 (una capa de 1,00 - 2,00 cm), esparcido en superficie y enterrado con una labor muy superficial (primeros 5,00 cm). En el recebado, a la salida del invierno, usar dosis de 1,00 litro/m^2.

A igualdad de precios, se justifica su empleo frente a turbas o tierras vegetales por la mejora del estado vegetativo del césped

En el diseño de jardines

- La utilización de compost es un buen sustituto de la tierra vegetal, así se enriquece el suelo y se logrará un mejor desarrollo de las futuras plantaciones.
- En jardines situados en terrazas altas resulta ideal como sustrato porque su baja densidad lo hace más ligero, drena muy fácilmente el agua y protege a la planta de cambios climáticos bruscos.

En paisajismo

- En regeneración de taludes, el compost, además de mejorar la calidad del suelo en materia orgánica, abarata costes de fertilizantes y abonos, y ahorra en el suministro de agua. En estos casos se recomienda aplicar unos 5,00 l/árbol de compost.
- El compost se ha mostrado muy apropiado para aplicarlo en jardines públicos deficientes en nutrientes y con suelos compactos y erosionados debido a su uso.

En mantenimiento de jardines

- Para las macetas se pueden mezclar 2,00-3,00cm de compost con la capa superior del substrato de la maceta un par de veces al año.
- En los árboles y arbustos, lo más adecuado es hacer una aplicación superficial de 2,00 cm de compost alrededor del tronco mezclándolo con la tierra en otoño. Evitar al extenderlo que toque el tronco de la planta ya que de esta forma se impide que pueda estropear la corteza.

- Al abonar el suelo de los arriates, jardines y los alrededores de la casa, se puede mezclar de 1,00 a 7,00 cm de compost bien maduro con los primeros 7,00 a 10,00 cm del suelo. Es bueno aplicar el compost un mes antes de la plantación y mezclarlo muy bien en su lugar definitivo para que se produzca su adecuación al nuevo emplazamiento. Las plantas se beneficiarán de esta aplicación durante todo el año al liberarse los nutrientes lentamente.

CAPITULO VIII

RESULTADOS E INTERPRETACION

8.1. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACION

8.1.1. Generación de residuos sólidos por puesto.

Los resultados que se presentan a continuación son datos consolidados de la aplicación de la metodología descrita anteriormente, para realizar el estudio de caracterización de los residuos sólidos del Mercado Central de Huaraz.

Los análisis de los valores promedio muéstrales nos permitieron determinar que el valor promedio poblacional con un 5% de error es de 3,11, siendo el máximo valor probable de 3,30 y el valor mínimo probable de 2,92.

Obteniendo como resultado que la generación de residuos sólidos por puesto es de 3,11 Kg/puesto/día.

8.1.2. Composición física de los residuos sólidos

Con los datos obtenidos de los estudios realizados se obtuvo la composición física promedio de los residuos sólidos del Mercado Central Virgen de Fátima Huaraz. Según como se aprecia en el siguiente gráfico:

Cuadro N° 27. Composición de Residuos Solidos

N°	TIPO DE RESIDUO SOLIDO	Porcentaje
1	Residuos orgánicos	63.12 %
2	Huesos y Carne	5.88 %
3	Papel	4.05 %
4	Cartón	4.95 %
5	Vidrio	1.48 %
6	Plástico Grueso	1.41 %
7	Plástico Delgado	1.09 %
8	Bolsas	6.53 %
9	Tetrapack	0.45 %
10	Tecnopor	0.55 %
11	Metal	0.32 %
12	Telas, textiles	4.41 %
13	Empaques	1.41 %
14	Latas	1.58 %
15	CD	0.01 %
16	Plástico PET	1.83 %
17	Pañal	0.18 %
18	Animales muertos	0.01 %
19	Otros	0.74 %
TOTAL		100.00 %

Fuente: Propia

En el cuadro N° 27, se observa que el residuo sólido predominante es la materia orgánica con 63,12%, huesos y carnes 5,88%, bolsa 6,53 % cartón 4,95%, entre otros.

8.1.3. Densidad de los residuos sólidos

Se presenta la densidad obtenida como resultado de los estudios de los residuos sólidos recolectados del Mercado Central Virgen de Fátima Huaraz sin compactar es 553,91 Kg/m3.

8.1.4. Generación Total de Residuos Sólidos

En el estudio realizado se ha determinado que la generación diaria de residuos sólidos del Mercado Central Virgen de Fátima Huaraz es de 1,96 toneladas diarias.

Cuadro N° 28. Generación Total

Lugar	Total de puestos	Generación de residuos por puesto kg/puesto. Día	Generación total de residuos (T/día)
Mercado Central Virgen de Fátima	631	3,11	1,96

Fuente: Propia

8.2. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO – TIEMPO EN CADA ETAPA

8.2.1. Resultados del Tratamiento convencional de Compostaje

A. Mesofilica 1:

Esta etapa duró tres días. En esta etapa abundan las bacterias y hongos mesofilicos. El número de actinomicetos permanece relativamente bajo. Debido a la actividad metabólica de todos estos microorganismos la temperatura aumenta gradualmente, alcanzando una temperatura de 34,32 °C, durante estos días se tuvieron ligeros cambios en la materia, no muy perceptible, a su vez se hizo el volteo para homogenizar la materia y garantizar un proceso uniforme de compostaje.

B. Termofilica:

Esta etapa duró dieciséis días, la temperatura continúa ascendiendo hasta llegar a valores de 60,50°C. Las poblaciones de bacterias y hongos mesofilicos mueren o permanecen en estado de dormancia mientras que las bacterias termofilicas, actinomicetos y hongos termofílicos encuentran su óptimo, generando incluso más calor que los mesófilos. Es en esta etapa cuando comienza la higienización del residuo debido a las altas temperaturas, la mayoría de las semillas y enteropatógenos como *Salmonella, Campylobacter, Shigella* mueren al estar sometidos durante días a temperaturas superiores a 60°C. Durante los dieciséis días se continuó homogeneizando la ruma para poder

mantener la concentración de oxígeno, porosidad, temperatura y humedad uniforme en toda la ruma de los residuos.

C. Mesofilica 2

Esta etapa duró veinticinco días. Una vez que los nutrientes y energía comienzan a escasear, la actividad de los microorganismos termofílicos disminuye, consecuentemente la temperatura en la ruma desciende desde los 60,50°C hasta una temperatura de 26,94 °C, provocando que los microorganismos termófilos pasen a estados de latencia y la reaparición de microorganismos mesofílicos que dominarán el proceso iniciándose la formación de ácido húmico. Durante los veinticinco días se continuó homogeneizando la ruma para poder mantener la concentración de oxígeno, porosidad, temperatura y humedad uniforme en toda la ruma de los residuos.

D. Maduración

Esta etapa duró diez días. La temperatura se estabiliza alcanzando la temperatura ambiente, los actinomicetos adquieren especial importancia en la formación ácidos húmicos y son frecuentemente productores de antibióticos que inhiben el crecimiento de bacterias y patógenos, en esta etapa se deja de voltear ya que todo los factores se encuentran estabilizados. Se recomienda mantener la humedad para que el compost mantenga su calidad.

8.2.2. Resultados del Tratamiento del Compostaje con EM

A. Mesofilica 1:

Esta etapa duró tres días. En esta etapa abundan las bacterias y hongos mesofilicos. El número de actinomicetos permanece relativamente bajo. Debido a la actividad metabólica de todos estos microorganismos la temperatura aumenta gradualmente, alcanzando una temperatura de

34,34 °C, durante estos días se tuvieron ligeros cambios en la materia, no muy perceptible, a su vez se hizo el volteo para homogenizar la materia y garantizar un proceso uniforme de compostaje.

B. Termofilica:

Esta etapa duró dieciséis días, la temperatura continúa ascendiendo hasta llegar a valores de 61,00°C. Las poblaciones de bacterias y hongos mesofilicos mueren o permanecen en estado de dormancia mientras que las bacterias termofílicas, actinomicetos y hongos termofílicos encuentran su óptimo, generando incluso más calor que los mesófilos. Es en esta etapa cuando comienza la higienización del residuo debido a las altas temperaturas, la mayoría de las semillas y enteropatógenos como *Salmonella, Campylobacter, Shigella* mueren al estar sometidos durante días a temperaturas superiores a 60,00°C. Durante los dieciséis días se continuó homogeneizando la ruma para poder mantener la concentración de oxígeno, porosidad, temperatura y humedad uniforme en toda la ruma de los residuos.

C. Mesofilica 2:

Esta etapa duró veintidos días. Una vez que los nutrientes y energía comienzan a escasear, la actividad de los microorganismos termofílicos disminuye, consecuentemente la temperatura en la ruma desciende desde los 61,00°C hasta una temperatura de 26,84 °C, provocando que los microorganismos termófilos pasen a estados de latencia y la reaparición de microorganismos mesofilicos que dominarán el proceso iniciándose la formación de ácido húmico. Durante los veinticinco días se continuó homogeneizando la ruma para poder mantener la concentración de oxígeno, porosidad, temperatura y humedad uniforme en toda la ruma de los residuos.

D. Maduración:

Esta etapa duró siete días. La temperatura se estabiliza alcanzando la temperatura ambiente, los actinomicetos adquieren especial importancia en la formación ácidos húmicos y son frecuentemente productores de antibióticos que inhiben el crecimiento de bacterias y patógenos, en esta etapa se deja de voltear ya que todo los factores se encuentran estabilizados. Se recomienda mantener la humedad para que el compost mantenga su calidad.

8.2.3. Resultados del Tratamiento del Compostaje con Inóculo

A. Mesofilica 1:

Esta etapa duró dos días. En esta etapa abundan las bacterias y hongos mesofilicos. El número de actinomicetos permanece relativamente bajo. Debido a la actividad metabólica de todos estos microorganismos la temperatura aumenta gradualmente, alcanzando una temperatura de 32,12ºC, durante estos días se tuvieron ligeros cambios en la materia, no muy perceptible, a su vez se hizo el volteo para homogenizar la materia y garantizar un proceso uniforme de compostaje.

B. Termofilica:

Esta etapa duró quince días, la temperatura continúa ascendiendo hasta llegar a valores de 63,40ºC. Las poblaciones de bacterias y hongos mesofilicos mueren o permanecen en estado de dormancia mientras que las bacterias termofílicas, actinomicetos y hongos termofílicos encuentran su óptimo, generando incluso más calor que los mesófilos. Es en esta etapa cuando comienza la higienización del residuo debido a las altas temperaturas, la mayoría de las semillas y enteropatógenos como *Salmonella, Campylobacter, Shigella* mueren al estar sometidos durante días a temperaturas superiores a 60,00ºC. Durante los dieciséis días se continuó homogeneizando la ruma para poder mantener la

concentración de oxígeno, porosidad, temperatura y humedad uniforme en toda la ruma de los residuos.

C. Mesofilica 2:

Esta etapa duró veinte días. Una vez que los nutrientes y energía comienzan a escasear, la actividad de los microorganismos termofílicos disminuye, consecuentemente la temperatura en la ruma desciende desde los 63,40°C hasta una temperatura de 20,80 °C, provocando que los microorganismos termófilos pasen a estados de latencia y la reaparición de microorganismos mesofílicos que dominarán el proceso iniciándose la formación de ácido húmico. Durante los veinticinco días se continuó homogeneizando la ruma para poder mantener la concentración de oxígeno, porosidad, temperatura y humedad uniforme en toda la ruma de los residuos.

D. Maduración:

Esta etapa duró cinco días. La temperatura se estabiliza alcanzando la temperatura ambiente, los actinomicetos adquieren especial importancia en la formación ácidos húmicos y son frecuentemente productores de antibióticos que inhiben el crecimiento de bacterias y patógenos, en esta etapa se deja de voltear ya que todo los factores se encuentran estabilizados. Se recomienda mantener la humedad para que el compost mantenga su calidad.

Cuadro N° 29. Resumen del tiempo en cada proceso

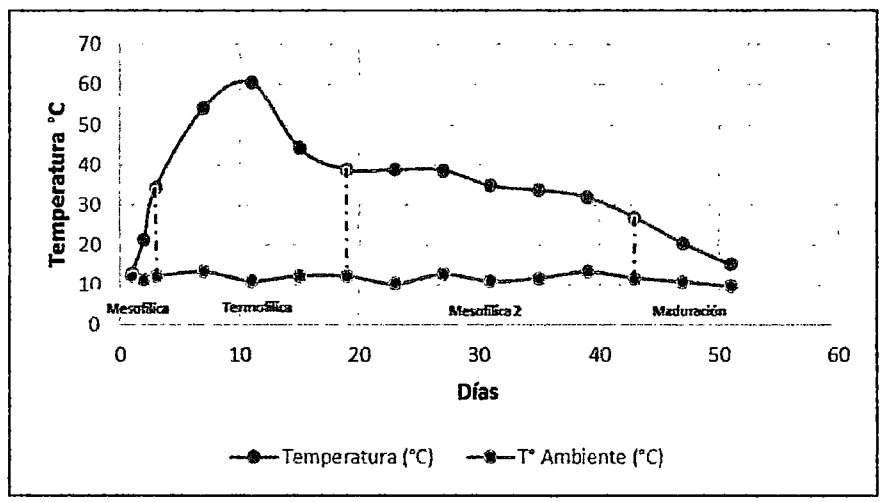
Etapa	Convencional (días)	EM (días)	Inóculo (días)
Mesofilica 1	03	03	02
Termofilica	16	16	15
Mesofilica 2	25	22	20
Maduración	10	07	05
Total de días	54	48	42

Fuente: Propia

8.3. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO – TEMPERATURA EN CADA ETAPA

8.3.1. Resultados del Tratamiento del Compostaje convencional

Gráfico N° 19. Curva de temperatura del compost - CONVENCIONAL

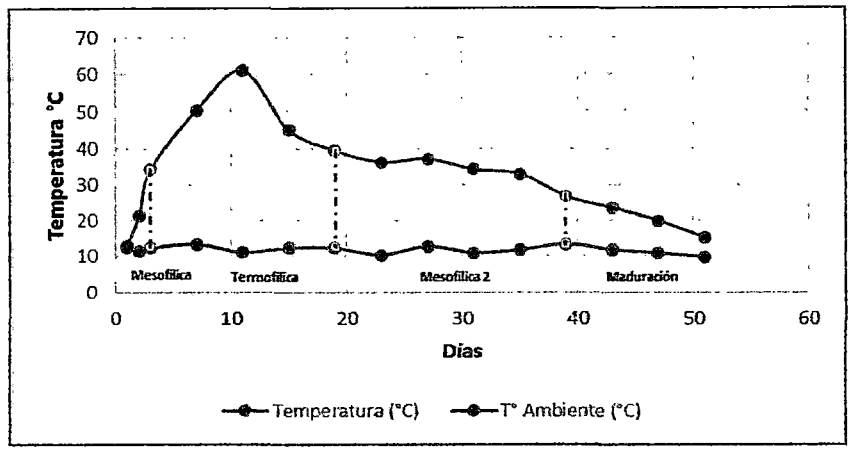


Fuente: Propia

En el Grafico N°19 se observa como el compost; durante todo el proceso tiene una temperatura superior a la del ambiente, el compost alcanzo su temperatura máxima el día 11 llegando a 60,50 °C (Etapa termofilica), al finalizar el proceso de compostaje este tuvo una temperatura de 15,20°C (Etapa de Maduración).

8.3.2. Resultados del Tratamiento del Compostaje con EM

Gráfico N° 20. Curva de temperatura del compost - EM

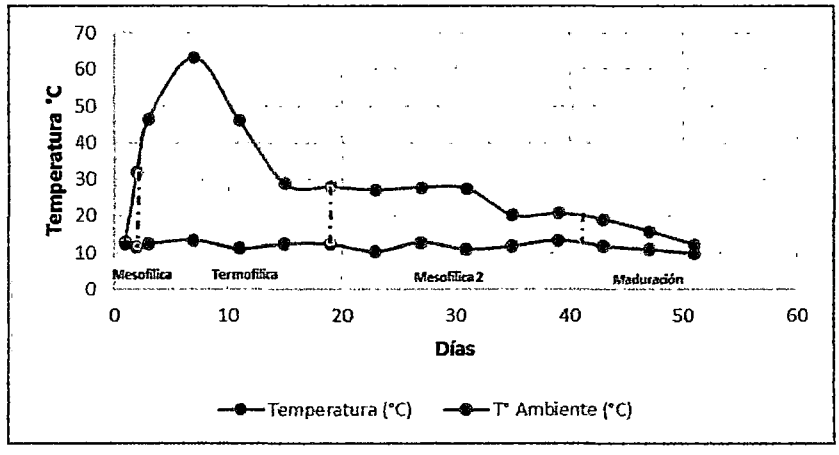


Fuente: Propia

En el Grafico N°20 se observa como el compost, durante todo el proceso tiene una temperatura superior a la del ambiente, el compost alcanzo su temperatura máxima el día 11 llegando a 61,00 °C (Etapa termofílica), al finalizar el proceso de compostaje este tuvo una temperatura de 15,02°C (Etapa de Maduración).

8.3.3. Resultados del Tratamiento del Compostaje con Inóculo

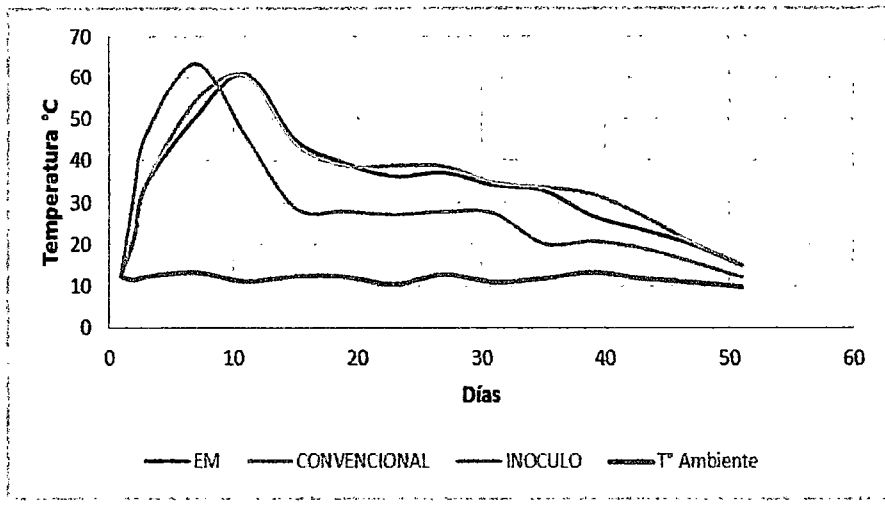
Gráfico N° 21. Curva de temperatura del compost - INÓCULO



Fuente: Propia

En el Grafico N°21 se observa como el compost, durante todo el proceso tiene una temperatura superior a la del ambiente, el compost alcanzo su temperatura máxima el día 7 llegando a 63,40 °C (Etapa termofilica), al finalizar el proceso de compostaje este tuvo una temperatura de 12,16°C (Etapa de Maduración).

Gráfico N° 22. Curva de temperatura de los tres tratamientos de compostaje



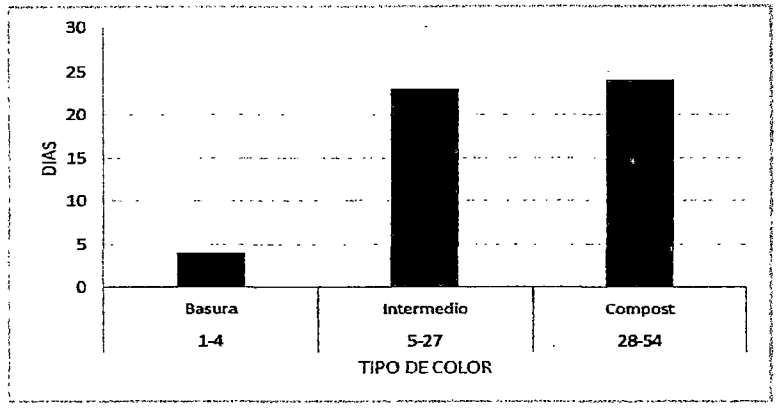
Fuente: Propia

En el Grafico N° 22 se observa las curvas de temperatura de los tres tratamientos de compostaje, en comparación la curva del inóculo marca la diferencia llegando primero a las diferentes etapas del compostaje. Mientras que el compostaje convencional y con EM siguen un mismo patrón de temperaturas y cambio de etapas.

8.4. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO – COLOR EN CADA ETAPA

8.4.1. Resultados del Tratamiento del Compostaje convencional

Gráfico N° 23. Color durante el tratamiento de C-C

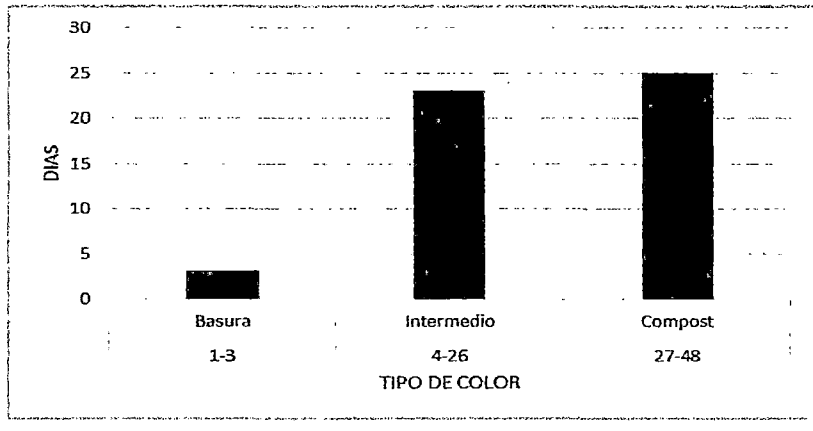


Fuente: Propia

En el grafico N° 23, se observa la variación de color en este tratamiento; se puede apreciar que el día 1 a 4 el color es a basura (aun es fresco), va cambiando paulatinamente, desde el día 5 hasta el día 27 ya se obtiene un color intermedio (materia en descomposición), finalmente se llega al día 54 obteniendo un color compost (negruzco).

8.4.2. Resultados del Tratamiento del Compostaje con EM

Gráfico N° 24. Color durante el tratamiento de C- EM

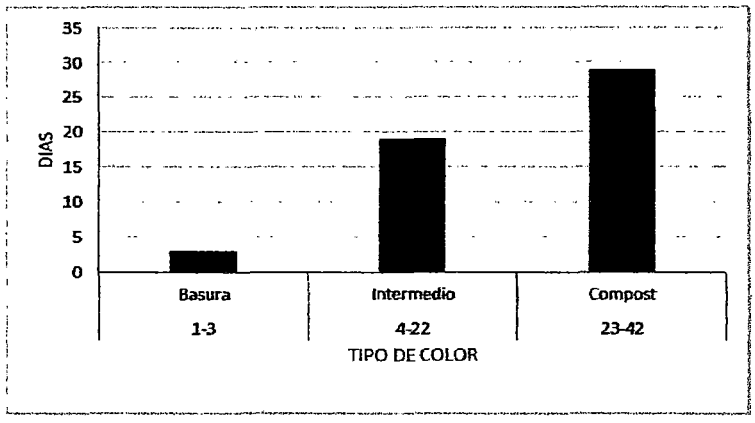


Fuente: Propia

En el grafico N° 24, se observa la variación de color en este tratamiento; se puede apreciar que el día 1 a 3 el color es a basura (aun es fresco), va cambiando paulatinamente, del día 4 hasta el día 26 ya se obtiene un color intermedio (materia en descomposición), finalmente se llega al día 48 obteniendo un color negruzco (compost).

8.4.3. Resultados del Tratamiento del Compostaje con Inóculo

Gráfico N° 25. Color durante el tratamiento de C-I



Fuente: Propia

En el grafico N° 25, se observa la variación de color en este tratamiento; se puede apreciar que el día 1 a 3 el color es a basura (aun es fresco), va cambiando paulatinamente, desde el día 4 hasta el día 22 ya se obtiene un color intermedio (materia en descomposición), finalmente se llega al día 42 obteniendo un color negruzco (compost).

Cuadro N° 30. Resumen del color en cada tratamiento

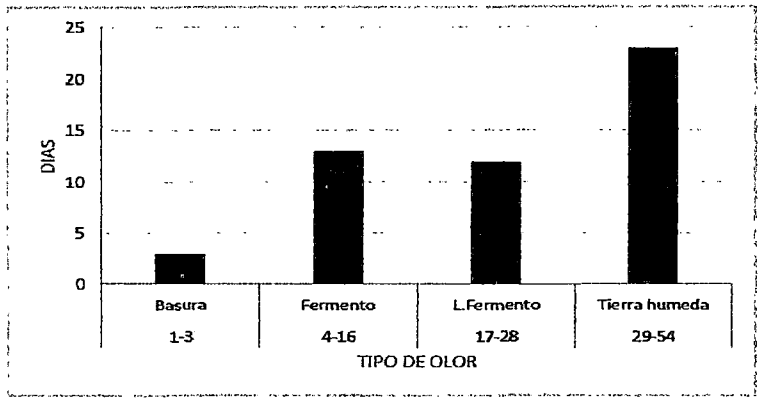
COLOR	CONVENCIONAL (Días)	EM (Días)	INÓCULO (Días)
Basura	04	03	03
Intermedio	23	23	19
Compost	27	22	20

Fuente: Propia

8.5. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO – OLOR EN CADA ETAPA

8.5.1. Resultados del Tratamiento del Compostaje convencional

Gráfico N° 26. Olor durante el tratamiento de C-C

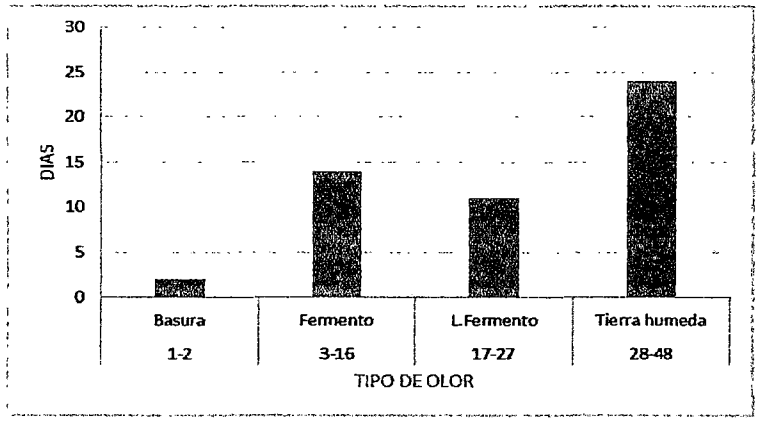


Fuente: Propia

En el grafico N° 26, se observa la variación de olor en este tratamiento; se puede apreciar que el día 1 a 3 el olor es a basura (frutas, verduras y hojas frescas), el olor va aumentando paulatinamente, desde el día 4 hasta el día 16 ya se obtiene un olor a fermento (materia en descomposición), luego sufre un decaimiento obtenido un ligero olor a fermento entre los días 17 - 28 días; finalmente se llega al día 51 obteniendo un olor a tierra húmeda natural del compost.

8.5.2. Resultados del Tratamiento del Compostaje con EM

Gráfico N° 27. Olor durante el tratamiento de C - EM

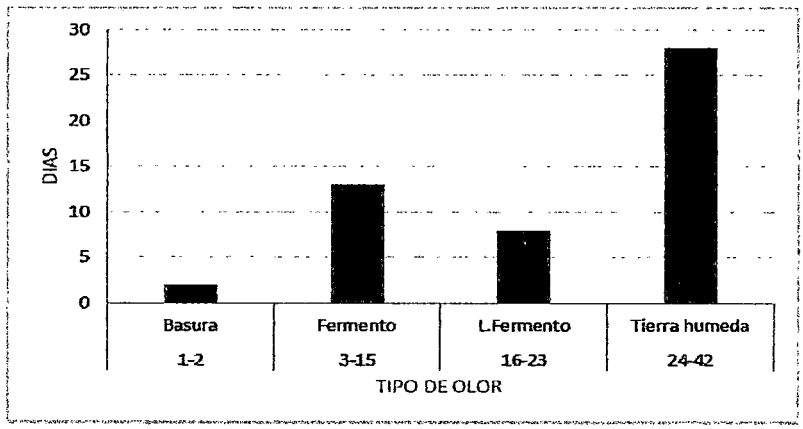


Fuente: Propia

En el grafico N° 27, se observa la variación de olor en este tratamiento; se puede apreciar que el día 1 a 2 el olor es a basura (frutas, verduras y hojas frescas), el olor va aumentando paulatinamente, en los días 3 hasta 16 ya se obtiene un olor a fermento (materia en descomposición), luego sufre un decaimiento obtenido un ligero olor a fermento entre los días 17 - 27 días; finalmente se llega al día 48 obteniendo un olor a tierra húmeda natural del compost.

8.5.3. Resultados del Tratamiento del Compostaje con Inóculo

Gráfico N° 28. Olor durante el tratamiento de C-I



Fuente: Propia

En el grafico N° 28, se observa la variación de olor en este tratamiento; se puede apreciar que el día 1 a 2 el olor es a basura (frutas, verduras y hojas frescas), el olor va aumentando paulatinamente, en los días 3 hasta 15 ya se obtiene un olor a fermento (materia en descomposición), luego sufre un decaimiento obtenido un ligero olor a fermento entre los días 16 - 23 días; finalmente se llega al día 42 obteniendo un olor a tierra húmeda natural del compost.

Cuadro N° 31. Resumen del olor en cada tratamiento

OLOR	CONVENCIONAL (Días)	EM (Días)	INÓCULO (Días)
Basura	03	02	02
Fermento	13	14	13
Ligero Fermento	12	11	08
Tierra Húmeda	26	21	19

Fuente: Propia

8.6. RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE LABORATORIO

Cuadro N° 32. Análisis de Laboratorio

Condiciones finales del compost			
Parámetro	**Convencional**	**Microorganismos Eficaces**	**Inóculo**
pH	7,2	7,1	7,1
C.E. dS/m	3,7	3,5	3,0
M.O. (%)	36,5	38	40
N (%)	1,7	1,6	1,85
P2O5 (%)	1,7	1,6	1,94
K2O (%)	0,6	0,7	0,8
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	< 2	< 2	< 2

Fuente: Propia

- pH: En los tres tratamientos se obtuvo un pH neutro lo que indica que el proceso estuvo adecuadamente aireado, es decir no se desarrolló un tratamiento anaerobio.
- Conductividad: Los tres valores del resultado indican que al ser aplicados a la agricultura no van a generar deshidratación en las plantas.
- Materia Orgánica: el resultado obtenido nos indica que los residuos están bien compostados, finalizaron adecuadamente todas las etapas del proceso.
- Nutrientes: En el caso de los nutrientes se observa que el compostaje con inóculo tiene un mayor porcentaje de nutrientes.

- Coliformes termotolerantes: En los tres tratamientos se obtuvo < 2 NMP/100 ml, lo cual indica que en la etapa termofílica se llegó a la temperatura de higienización. Como sabemos los coliformes termotolerantes son indicadores de contaminación fecal y presencia de enteropátógenos. Su ausencia nos evidencia que el proceso de higienización fue correcto; hecho que concuerda porque se llegó a alcanzar temperaturas de 60,50 °C, 61,00°C y 63,40°C, temperatura a la que los CTT no sobreviven.

8.7. POST TRATAMIENTO

8.7.1. Resultados del Compostaje Convencional

A. **Cosecha:** Para la cosecha del compost se separó todas las ramas del material compostado, con ayuda del rastrillo; posteriormente se realizó el tamizado utilizando una malla. El compost cosechado pesó 44,00 Kg.

B. **Reciclaje:** Es el material que quedó después del tamizado, este material se puede volver a utilizar para acelerar otro proceso de compostaje ya que presenta los microorganismos adecuados para el proceso. El peso del material de reciclaje para esta técnica fue de 11,50 kg.

8.7.2. Resultados del Compostaje con Microorganismos Eficaces

A. **Cosecha:** Para la cosecha del compost se separó todas las ramas del material compostado, con ayuda del rastrillo; posteriormente se realizó el tamizado utilizando una malla. El compost cosechado peso 35,00 Kg.

B. **Reciclaje:** Es el material que quedó después del tamizado, este material se puede volver a utilizar para acelerar otro proceso de compostaje ya que presenta los microorganismos adecuados para el proceso. El peso del material de reciclaje para esta técnica fue de 10,90 kg.

8.7.3. Resultados del Compostaje con Inóculo.

A. **Cosecha:** Para la cosecha del compost se separó todas las ramas del material compostado, con ayuda del rastrillo; posteriormente se realizó el tamizado utilizando una malla. El compost cosechado peso 48,20Kg.

B. **Reciclaje:** Es el material que quedó después del tamizado, este material se puede volver a utilizar para acelerar otro proceso de compostaje ya que presenta los microorganismos adecuados para el proceso. El peso del material de reciclaje para esta técnica fue de 11,20 kg.

Cuadro N° 33. Resumen de las características Físicas

Característica	CONVENCIONAL	EM	INÓCULO
Alto de la ruma (m)	1,20	1,20	1,20
Largo de la ruma (m)	1,50	1,50	1,60
Ancho de la ruma (m)	1,20	1,20	1,54
Peso de los residuos (Kg)	319,00	320,00	342,00
Peso de las ramas (kg)	11,50	10,90	11,20
Peso del compost obtenido (kg)	44,00	35,00	48,20
Porcentaje de reducción de los residuos a compost (%)	86,21	89,06	85,91

Fuente: Propia

CAPITULO IX

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La discusión de los resultados se desarrolla teniendo en cuenta los objetivos planteados en la investigación:

- **Optimización del tratamiento de los residuos sólidos orgánicos del mercado central Virgen de Fátima, mejorando las condiciones del compostaje.**

Según Joaquín Moreno Casco (COMPOSTAJE 2011) el compostaje necesita una adecuada aireación para que los microrganismos presentes en las diferentes etapas puedan degradar la materia orgánica en menor tiempo. En los tres tratamientos se mejora el proceso asegurando que las rumas tengan una estructura óptima, buena aireación y con la humedad necesaria que demanda el proceso. La estructura se mejora incorporando homogéneamente a los residuos sólidos troncos de madera de aproximadamente 20,00 cm de longitud y de pequeño diámetro; se añade estos troncos para generar espacios vacíos (oxigeno), además se añade aserrín para evitar malos olores y controlar la humedad; en toda la ruma, realizamos una mezcla homogénea de materia orgánica y troncos de madera, de esta forma se logra expandir oxígeno en todo el volumen de la compostera. En cuanto al tamaño de la materia orgánica estos deben ser picados hasta obtener un menor tamaño; a menor tamaño de la materia orgánica, mayor es la superficie de contacto con los microorganismos y en consecuencia facilita la degradación de la materia orgánica. Además, un menor tamaño facilita la homogenización y mezcla de los materiales, lo que ayuda el mantenimiento de las temperaturas óptimas durante todas las etapas del proceso. Esta técnica permitió llevar un proceso sin malos olores, sin exceso de lixiviados, en ausencia de moscas y en menor tiempo. Además se obtuvo un producto de alta calidad.

La importancia de los inóculos con carga microbiana adaptada a las condiciones de la zona (temperatura, humedad relativa, altitud) y en actividad continua, lo conseguimos incorporando substratos de procesos de compostaje previos obtenidos de la planta de tratamiento de residuos sólidos de Pongor. Este proceso se evidencia porque el proceso de compostaje fue relativamente más rápido que el convencional (el tiempo se redujo en 12 días, que equivale a una reducción del tiempo en 28%).

- **Cuantificación de la generación de residuos sólidos por puesto en el mercado central, caracterizando los mismos que provienen de los puestos de venta (frutas, verduras, restaurantes, pescados y mariscos, avícola, otros).**

En el distrito de Huaraz la generación total de residuos sólidos es de 33,51 t/día, generación per cápita 0,55 kg/hab/día, materia orgánica 59,64% (PIGARS HUARAZ – 2012). En el distrito de Independencia la generación total de residuos sólidos 41,08 t/día, generación per cápita 0,47 kg/hab/día, materia orgánica 60,76% (INFORME ANUAL 2013 - MDI). La generación diaria de residuos sólidos en el Mercado Central de Huaraz fue de 1,96 t/día en promedio, dato obtenido en la caracterización, ya que la cantidad producida por puesto durante un día fue de 3,11 kg/puesto/día. De acuerdo a la desviación estándar la generación por puesto puede variar entre el valor máximo 3,30 kg/puesto/día y el valor mínimo probable de 2,92 kg/puesto/día.

- **Determinación de la composición física de los residuos sólidos del mercado central, provenientes de los puestos de venta.**

En el Perú la generación per cápita de residuos sólidos es en promedio de 0,574 kg/hab/día. Por su composición estos residuos en su mayoría son: restos orgánicos de cocina y alimentos (50,90%), plástico (10,1%), residuos peligrosos (8,5%) entre otros (Informe anual de Residuos Sólidos Municipales Y No Municipales 2012-MINAM).De acuerdo a la caracterización de los residuos sólidos del Mercado Central de Huaraz, se obtuvo que el mayor porcentaje corresponde a la materia orgánica (63,12%), este factor indica que al realizar un tratamiento de los residuos sólidos orgánicos, se puede aprovechar mediante la producción de compost.

Cuadro N° 34. Composición física de los residuos sólidos

N°	TIPO DE RESIDUO SOLIDO	Porcentaje
1	Residuos orgánicos	63.12 %
2	Huesos y Carne	5.88 %
3	Papel	4.05 %
4	Cartón	4.95 %
5	Vidrio	1.48 %
6	Plástico Grueso	1.41 %
7	Plástico Delgado	1.09 %
8	Bolsas	6.53 %
9	Tetrapack	0.45 %
10	Tecnopor	0.55 %
11	Metal	0.32 %
12	Telas, textiles	4.41 %
13	Empaques	1.41 %
14	Latas	1.58 %
15	CD	0.01 %
16	Plástico PET	1.83 %
17	Pañal	0.18 %
18	Animales muertos	0.01 %
19	Otros	0.74 %
TOTAL		100.00 %

Fuente: Propia

Al momento de la recolección de los residuos sólidos de los diferentes puestos, se encontró en el área de verduras gran cantidad de materia orgánica así como también en los residuos provenientes de puestos de comida, razón por la cual se tiene un mayor porcentaje en este tipo de residuo.

Según Carlos Jaramillo (2002) los residuos que contiene un mezcla de todos alcanzan el 250-300 kg/m3. En el caso de países de América Latina y el Caribe, los residuos tienen mayor contenido de materia orgánica y una humedad que varía de 35 a 55%. La densidad de los residuos sólidos que se obtuvo fue de 553,91 kg/m^3, se observa que supera el rango, debido a que está compuesto de materia orgánica vegetal en su mayoría, y por ende contiene mayor humedad.

- **Comparación de los procesos de compostaje realizados mediante las siguientes técnicas: Agregando microorganismos eficaces (C-EM), agregando un inóculo de una compostera en funcionamiento (C-I) y un proceso convencional (C-C).**

La tasa de mortalidad de los microorganismos patógenos está en función de la relación tiempo-temperatura. La mayoría de los patógenos son destruidos rápidamente cuando todas las partes de una ruma de compost estén sometidas a una temperatura de aproximadamente 60ºC; solamente unos pocos pueden sobrevivir a esta temperatura durante un corto periodo de tiempo (NCh2880.Of2004).

En el proceso de compostaje con inóculo se llegó días antes a la temperatura más alta (día 7 – 63.4°C), en comparación al compostaje con microorganismos eficaces (día 11 - 60.5°C) y al convencional (día 7 – 50.39°C).

Dentro del proceso de compostaje se observó la variación del color en las 03 técnicas aplicadas: En el compostaje convencional se llegó al color negruzco el día 54; en el C-EM se llegó el día 48 y finalmente el C-I el día 42. A estas fechas se dio por terminado el compostaje por concordar también con la mantención de la temperatura constante propia del proceso de maduración del proceso.

Dentro del proceso de compostaje se observó la variación del olor en las tres técnicas aplicadas: En el C-C se percibió el olor a tierra húmeda el día 26; C-EM el día 27 y finalmente C-I el día 23; dichos días inicio la etapa de maduración en las diferentes técnicas.

Durante el proceso de compostaje se produce una sucesión natural del pH, que es necesaria para el proceso y que es acompañada por una sucesión de grupos microbianos. El rango de pH tolerado por las bacterias en general es relativamente amplio.

No obstante el pH cercano al neutro (pH 6,5-7,5, ligeramente ácido o ligeramente alcalino asegura el desarrollo favorable de la gran mayoría de los grupos de microorganismos). Valores de pH inferiores a 5,5 (ácidos) inhiben el crecimiento de la gran mayoría de microorganismos. Valores de pH superiores a 8 (alcalinos) también son agentes

inhibidores del crecimiento, haciendo precipitar nutrientes esenciales del medio, de forma que no son asequibles.

Los resultados de pH obtenidos en el tratamiento C-C (pH = 7.2 que es neutro), C-EM (pH = 7.1 que es neutro) y C-I (pH = 7.1 que es neutro), son resultados habituales debido a la naturaleza de la materia orgánica a compostar. El pH al comparar con los rangos de la bibliografía, se tiene que los valores están dentro, lo cual indica que el proceso tuvo una adecuada aireación. La norma Chilena (NCh2880.Of2004) clasifica el pH en dos clases: Compost clase A con un rango de pH entre 7,0 – 8,0 y el Compost clase B con un rango de pH entre 6,5-8,5. De acuerdo a la norma el compost de los tres tratamientos aplicados se encuentran dentro de la clase A.

En cuanto a la conductividad se obtuvieron los siguientes resultados C-C (3.7 dS/cm), C-EM (3.5 dS/m) y C-I (3.0 dS/m). Según (NCh2880.Of2004) clasifica la Conductividad Eléctrica "C.E." en dos clases: Compost Clase A: menor o igual a 3 dS/m) y Compost Clase B: menor o igual a 8 dS/m). Consiguientemente, aseveramos que el tratamiento con inóculo se encuentra dentro de la clase A, mientras que los otros dos tratamientos están dentro de la clase B. Se tiene que los tres compostajes son aptos para el uso en la agricultura.

Los nutrientes N, P, K son los primarios requeridos por los microorganismos en el proceso de compostaje, como también para las plantas, es por esto, que una alta concentración de estos elementos evidencia que el compost reúne una de las principales características para su uso eficiente como acondicionador de los suelos de cultivo. Según INFOAGRO (2004) dice que uno de los aspectos más utilizados para dar criterio de calidad es la composición química del compost maduro, donde se plantea que el rango de Nitrógeno va de 1,50 – 2,00%. Según NCh2880.Of2004, el contenido de nitrógeno adecuado en un compost de buena calidad es mayor o igual a 0,50%. En el presente trabajo hemos encontrado que los contenidos de nitrógeno en el compost maduro es de 1,70% para C-C, 1,60 % para C-EM y 1,85% para C-I, evidenciándose que todos los valores están dentro del rango establecido por INFOAGRO (2004)

Según INFOAGRO (2004), uno de los aspectos más utilizados para dar criterio de calidad es la composición química del compost maduro, donde se plantea que el rango de fósforo va de 1,50 a 2,50%. Por lo tanto frente a lo que menciona INFOAGRO (2004) los tratamientos C-C (1,70%), C-EM (1,60%) y C-I (1,94%) se encuentran dentro del rango.

Respecto al potasio en el compost maduro, INFOAGRO (2004) plantea un rango que va de 1,00 a 1,50%. Por lo tanto frente a lo que menciona INFOAGRO (2004) los tratamientos C-C (0,60%), C-EM (0,70%) y C-I (0,80%) se encuentran por debajo del rango.

La Norma Oficial Chilena (NCh2880.Of2004) establece que el contenido de materia orgánica (MO), para todos los tipos de compost (Compost clase A y clase B) debe ser mayor o igual a 30% en base seca. Por lo tanto el contenido de MO del tratamiento C-C (36,5%), C-EM (38,0%) y C-I (40,0%) están dentro del rango.

El proceso de compostaje puede, si no es manejado apropiadamente, inducir la proliferación y dispersión de bacterias y hongos potencialmente patogénicos. Entre las bacterias encontradas en el compost se reporta a *Salmonella, Shigella, Escherechia coli, Enterobacter, Streptococci y Klebsiella*, que pueden emerger y causar infecciones por la manipulación del compost o bien por su utilización en la agricultura (Abdennaceur et al, 2001). Este hecho es particularmente importante en el compostaje y manipulación del compost, ya que debido a su procedencia (Residuos del Mercado Central de Huaraz) posee un alto contenido de microorganismos patógenos.

Coliformes termotolerantes: En los tres tratamientos se obtuvo < 2 NMP/100 ml, lo cual indica que en la etapa termofílica se llegó a la temperatura de higienización. Como sabemos los coliformes termotolerantes son indicadores de contaminación fecal y de presencia de enteropátógenos. Su ausencia nos evidencia que el proceso de higienización fue correcto; hecho que concuerda con la teoría que establece que temperaturas superiores a 60°C matan a los enteropatógenos y larvas de insectos; pues en la práctica se llegó a alcanzar temperaturas de 60,5 °C, 61,0°C y 63,4°C que corresponden a los tratamientos C-C, C-EM y C-I, respectivamente.

La cantidad de materia orgánica procesada y el compost obtenido en los diferentes tratamientos fue de:

Cuadro N° 35. Porcentaje de reducción

Técnica	Peso inicial (Kg)	Peso final (Kg)	Porcentaje de reducción (%)
CONVENCIONAL	319,00	44,00	86,21
EM	320,00	35,00	89,06
INÓCULO	342,00	48,20	85,91

Fuente: Propia

Esta reducción de los residuos sólidos orgánicos no solo extendería la vida útil de los rellenos sanitarios, sino que también se generarían ingresos para mejorar el proceso, el cual en poco tiempo se haría auto sostenible aportando también dinero o compost para otros rubros.

De acuerdo a los resultados observados, durante el proceso como también los del producto final, se tiene que los mejores resultados es el compost obtenido del tratamiento con inóculo, lo que indica que al mejorar la estructura y contar con un material de reciclaje (escoria, que para nuestro caso es el inóculo) se obtiene un producto de alta calidad y un proceso en menor tiempo, sin malos olores, baja generación de lixiviados y ausencia de vectores.

Además no se descarta como alternativa de compostaje los otros tratamientos (C-C y C-EM) siempre y cuando se mejore la estructura de las rumas y el control de la humedad.

CAPITULO X

CONCLUSIONES

- Se ha comprobado que la producción de compost con un inóculo es más eficiente que el convencional y EM, tanto en los factores de tiempo: C-I (42 días), C-EM (48 días) y C-C (54 días); calidad nutricional: Inóculo (MO 40%, N 1,85%, P_2O_5 1,94%, K_2O 0,80%); EM (MO 38%, N 1,6%, P_2O_5 1,6%, K_2O 0,7%); convencional (MO 36,50%, N 1,70%, P_2O_5 1,70%, K_2O 0,60%).

- Al mejorar la estructura de la ruma se optimiza el proceso, no se encuentra malos olores, baja generación de lixiviados, ausencia de vectores y un menor tiempo de degradación; y se obtiene una buena calidad de compost.

- Debido a la alta cantidad de materia orgánica que se genera en el Mercado Central de Huaraz se debe iniciar un programa de recolección selectiva el cual permitirá reaprovechar los residuos mediante compostaje.

- Ventajas del compost frente a otros abonos comerciales. Las ventajas del compost frente a otros abonos comerciales, son sin duda el contenido de nutrientes que están en forma balanceada aunque en pocas cantidades, la sustancia húmica, micronutrientes, capacidad de retener la humedad, enmendador y acondicionador del suelo, capacidad de aireación y del retorno de la materia orgánica a los suelos. Se requiere como microrganismos iniciadores del compostaje, la escoria de la cosecha del compost que es inóculo para el compostaje siguiente. Finalmente cabe señalar que queda una vez más demostrado las cualidades que ofrece el compost para ser usado en suelos agrarios, áreas verdes, bosques y para abonar todo tipo de vegetales.

- En cuanto al proceso del compostaje, no se requiere de un personal altamente capacitado, puesto que lo principal es dar una buena estructura a la ruma y tener volteos frecuentes.

CAPITULO XI

RECOMENDACIONES

- El tamaño de las partículas, es un factor determinante en la velocidad de transformación biológica de los residuos. Es por ello que recomendamos la instalación de una picadora, mezcladora-homogeneizadora que ayudará uniformizar, reducir el volumen de las rumas y optimizar el espacio.

- Referente a la cosecha del compost recomendamos zarandear la escoria, puesto que junto a ella también se desecha cantidades de compost no considerado. Al cernir se obtendrá más compost que implica el incremento de rendimiento. El uso de tamiz permitirá cosechar compost y retener la escoria que se comportará como inóculo para el siguiente proceso.

- Consideramos que un ambiente saludable es fuente de vida, por ello la motivación del presente trabajo de investigación, es, crear conciencia en las autoridades y en la población, de que si existe alternativas actuales y reales, para la calidad ambiental y el desarrollo sostenible.

- Se recomienda la elaboración de un plan de gestión de residuos sólidos en el Mercado Central de Huaraz, que sea sostenible en el tiempo, para poder aprovechar los residuos sólidos de manera eficiente, obteniendo un ingreso extra y ayudar a la conservación del ambiente.

- Se recomienda socializar la presente información a las diferentes municipalidades de la región Ancash para mejorar la gestión de los residuos sólidos orgánicos.

REFERENCIA BIBLIOGRAFIA

Agregada Gonzales Ricardo, Deza Cano María Jesús (2013).*Factores que condicionan el proceso de compostaje.*

Altieri (2013), Agricultura Ecológica – *Compostaje y Biogás.*

Arauz, D., Rodriguez, J. & Loza V. (1990) *Manejo de los desechos sólidos en la República de Panamá. XXII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.* Chile.

BARRENA, (2006). *Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respiro métricas en el seguimiento del proceso.* Universidad Autónoma de Barcelona.

Bartone, C. (1999) *Gestión, recuperación y reciclaje de los desechos municipales* en: http://www.cepis.org.pe/gestion.pdf. Leído el 06 de Enero del 2015.

COMAM (2006) *Guía Técnica para la Formulación e Implementación de Planes de Minimización y Reaprovechamiento de Residuos Sólidos en el Nivel Municipal.* Perú.

COORPORACION SUIZA EN AMERICA CENTRAL (2013), *Guía de Manejo de Microorganismos Eficaces.*

Curso de compostaje en la Universidad Autónoma (2005): *Etapas del proceso de compostaje, Jaime Cuevas. Departamento de Geología y Geoquímica Módulo C-VI.*

Eva Rōben Loja, (2002). *Manual de Compostaje Para Municipios. Ecuador.*

Francisco José Colomer Mendoza & Antonio Gallardo Izquierdo (2007). *TRATAMIENTO Y GESTION DE RESIDUOS SOLIDOS. UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA.*

(EC-RSM), 2010. *Guía metodológica para la elaboración del estudio de caracterización para residuos sólidos municipales.* Piura.

Ing. Gerardo F. Norabuena Maguiña (2013). *ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS NO DOMICILIARIOS DEL DISTRITO DE HUARAZ.*

ING. MARCOS ALEGRE CHANG Y GLORIA IVONNE ACUÑA VELASQUEZ (2003), *Desafíos y herramientas para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos, Modulo I Gestión Ambiental de los Residuos Sólidos Municipales.*

Ing. Sandra Spies (2006). *Guía Técnica para la formulación e implementación de planes de minimización y reaprovechamiento de residuos sólidos en el nivel Municipal.*

Joaquín Moreno Casco Opto. Biología Aplicada (2011). *COMPOSTAJE. Universidad de Almeno Salvador Mormeneo Bernat Dpto. Microbiología. Universidad de Valencia.*

MINAM (2012). *INFORME ANUAL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES Y NO MUNICIPALES EN EL PERÚ GESTIÓN 2012.*

MSc. Erwin Binner (2014). *ELABORACIÓN DE COMPOSTAJE. Curso presencial-Huaraz.*

MSc. Juan Gallardo Valdez (2014). *RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES Y SALUD. Curso presencial-Huaraz.*

Montserrat Soliva & Marga López. (2004) *Calidad del compost: influencia del tipo de materiales tratados y de las condiciones del proceso. Escola Superior d'Agricultura de Barcelona. UPC*

NCh2880.Of2004 (Norma Chilena Oficial) 2004. Compost - Clasificación y Requisitos. Revisado el 30 de Enero del 2015. Disponible en: http://educacion.ucv.cl/prontus_formacion/site/artic/20070723/asocfile/ASOCFILE120070723105921.pdf

Perú Congreso de la República, (2000). *Ley General de Residuos Sólidos Ley N° 27314. Lima: El Peruano.*

Perú Congreso de la República, (2004). *D.S N° 057-04-PCM Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos. Lima: El Peruano.*

Perú Congreso de la República, (2008). *D.L N° 1065 Modifica la Ley N° 27314.* Lima: El Peruano.

SEONEZ CALVO, Mariano (2000), *Residuos Problemática, Descripción, Manejo Aprovechamiento y Destrucción. Madrid España.*

***Wenndy Lopez Wond* (2010),** *Estudio del uso de residuos industriales no peligrosos a través del proceso de compostaje y su aplicación para el cultivo de maíz y frijol.* Tesis de maestría. Universidad de TLAXCALA, MEXICO.

***Fernando Moya* (2001),** *Evaluación de la aplicación de microorganismos eficaces (EM) y derivados de este, en el manejo en el manejo de Sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis) en el cultivo de banano bajo un sistema agroforestal".* Tesis de post grado en la Universidad de Costa Rica.

Fabián Alberto Gordillo Manssur (2010), *Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucarero.* Tesis de post grado en la universidad de Ecuador.

Suarez Maria Fernanda (2012), *Evaluación del compostaje domiciliario como modelo de gestión de los residuos orgánicos. Caso de estudio: Comuna Villa La Serranita.* Tesis de post grado de la Universidad de Córdoba.

Andrés Saez Olivares. Licenciado Geólogo (2000), *Optimización de los Métodos para Mejorar la Calidad del Compost de la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos.* Tesis de post grado de la Universidad de Madrid.

***Natalia López Rivera* (2009),** *Propuesta de un Programa para el Manejo de los Residuos Sólidos en la Plaza de Mercado de Cerete.* Tesis de post grado de la Universidad de Córdoba, Bogota.

LEANDRO HERRERA ZEPPELIN & MIGUEL LOZANO MUÑOZ (2011), *PRODUCCIÓN DE COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS DE UNA PLANTA DE CELULOSA.* Tesis de post grado de la universidad de Santiago de Chile.

Torres Patricia, Pérez Andrea, *Escobar Juan C. Uribe Iris E Imery Ricardo Compostaje de biosólidos de plantas de tratamiento Eng. Agríc., Jaboticabal /abr.* 2000, Colombia.

Elkin Bongcam Vasquez (2003), *Guía para el compostaje y manejo de suelos,* Area de Ciencias y Tecnología Convenio Andrés Bello, Bogotá. Disponible en : https://books.google.com.pe/books?id=BUDmjTQxKhQC&pg=PA21&lpg=PA21&dq=area+de+composteras&source=bl&ots=gr-W-Yo94v&sig=c31HEDcun1cAAj_JYUO-xQPbphA&hl=es-419&sa=X&ved=0CCEQ6AEwAWoVChMIsoGyguTYxwIVSNgeCh05zg2F#v=onepage&q=area%20de%20composteras&f=false

ANEXOS

ANEXO N°1. SOLICITUDES

ANEXO N°2. PESO DE LAS MUESTRAS POR DIA

ANEXO N°3. PLANO DE UBICACIÓN DEL MERCADO

ANEXO N°4. PLANO DEL MERCADO CENTRAL

ANEXO N°5. PLANO DE UBICACIÓN DEL AREA DE COMPOSTAJE

ANEXO N°6. PLANO DEL ÁREA DE COMPOSTAJE

ANEXO N°7. RESULTADOS DEL LABORATORIO

ANEXO N°8. PRESUPUESTO

ANEXO N°9. NORMA CHILENA

ANEXO N°1. SOLICITUDES

MERCADO CENTRAL DE HUARAZ
"VIRGEN DE FÁTIMA"

Central
MERCADO DE HUARAZ
Mas compra con menos plata

FORMATO ÚNICO DE TRÁMITE

VALOR S/.2.00

JUPRO MEC - HZ.
TRAMITE DOCUMENTARIO
Registro
Recibido por
Fecha Hora

Nº 02579

SOLICITA: Acceso a los residuos sólidos del mercado

SEÑOR PRESIDENTE DE LA JUNTA DE PROPIETARIOS DEL MERCADO CENTRAL DE HUARAZ "VIRGEN DE FÁTIMA"

Yo, Teresa Paola Gonzales Chavez
Identificado (a) con D. N. I. Nº 45820947 con
Domicilio en Av. Julian de Morales N 749
Propietario de ..... de la sección .....
ante Ud., Con el debido respeto, expongo:

Que, Soy Bachiller en Ingeniería Sanitaria [illegible] de [illegible] del mercado de [illegible] para lo cual necesito tener acceso a los residuos sólidos que se generan en el mercado.

Par lo cual adjunto:.

1. .....
2. .....
3. .....
4. .....
5. .....
6. .....

Huaraz, 16 de [illegible] del 2017

Firma

JUNTA DE PROPIETARIOS DEL
MERCADO CENTRAL DE HUARAZ
"VIRGEN DE FÁTIMA"

Central
MERCADO DE HUARAZ
Más compra con menos plata

FORMATO ÚNICO DE TRÁMITE

VALOR S/. 2.00

JUPRO MEC - HZ.
TRAMITE DOCUMENTARIO
Registro 265
Recibido por
Fecha 27-03-15 Hora

Nº 000081

SOLICITA: Plano del Mercado Central "Virgen de Fátima" - Huaraz

SEÑOR PRESIDENTE DE LA JUNTA DE PROPIETARIOS DEL MERCADO CENTRAL DE HUARAZ "VIRGEN DE FATIMA"

Yo, Triesa Paola Gonzales Chavez

Identificado (a) con D.N.I. Nº 45830944 con

Domicilio en Jr. Julian de Morales # 719

Propietario de _____ de la sección _____

ante Ud., Con el debido respeto, expongo:

Que, Tomando como tema de tesis ~~la ex~~ "Factibilidad de los residuos sólidos orgánicos del Mercado Central Huaraz "Virgen de Fátima" Huaraz, para optimizar el proceso de compostaje" - UNASAM. Requerimos el plano del mercado, ya que es un requisito indispensable para la investigación

Por lo cual adjunto:

1.-_____

2.-_____

3.-_____

4.-_____

5.-_____

6.-_____

Huaraz, 27 de Marzo del 2015

Firma

ANEXO N°2. PESO DE LAS MUESTRAS POR DÍA

ANEXO N°3. PLANO DE UBICACIÓN DEL MERCADO

ANEXO N°4. PLANO DEL MERCADO CENTRAL

ANEXO N°5. PLANO DE UBICACIÓN DEL ÁREA DE COMPOSTAJE

ANEXO N°6. PLANO DEL ÁREA DE COMPOSTAJE

ANEXO N°7. RESULTADOS DEL LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL
"Santiago Antúnez de Mayolo"
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH

RESULTADOS DE ANALISIS DE COMPOST

SOLICITANTES: Andrea Ortiz Pérez – Teresa Gonzales Chávez - Tesistas

MUESTRA : Blanco

UBICACIÓN : Independencia - Huaraz – Ancash.

Muestra	pH	C.E. dS/m.	M.O. %	N %	P_2O_5 %	K_2O %
02	7.20	3.70	36.5	1.68	1.70	0,60

La muestra, tiene una reacción neutra, rica en materia orgánica y en nitrógeno, medianamente rico en fósforo y en potasio. En cuanto a la salinidad es ligeramente salino.

Huaraz, 09 de Junio del 2015.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ANCASH "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO" - HUARAZ -
JEFATURA-LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS
F.C.A

Ing. M.Sc. Guillermo Castillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS

UNIVERSIDAD NACIONAL
"Santiago Antúnez de Mayolo"
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH

RESULTADOS DE ANALISIS DE COMPOST

SOLICITANTES: Andrea Ortiz Pérez – Teresa Gonzales Chávez - Tesistas

MUESTRA : EM

UBICACIÓN : Independencia - Huaraz – Ancash.

Muestra	pH	C.E. dS/m.	M.O. %	N %	P_2O_5 %	K_2O %
03	7.10	3.50	38.0	1.60	1.60	0,70

La muestra, tiene una reacción neutra, rica en materia orgánica y en nitrógeno, medianamente rico en fósforo y en potasio. En cuanto a la salinidad es ligeramente salino.

Huaraz, 09 de Junio del 2015.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ANCASH "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO" - HUARAZ
JEFATURA-LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS
F.C.A

Ing. M.Sc. Guillermo Castillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS

UNIVERSIDAD NACIONAL
"Santiago Antúnez de Mayolo"
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH

RESULTADOS DE ANALISIS DE COMPOST

SOLICITANTES: Andrea Ortiz Pérez – Teresa Gonzales Chávez - Tesistas

MUESTRA : Inóculo

UBICACIÓN : Independencia - Huaraz – Ancash.

Muestra	pH	C.E. dS/m.	M.O. %	N %	P_2O_5 %	K_2O %
01	7.10	3.00	40.0	1.85	1.94	0,80

La muestra, tiene una reacción neutra, rica en materia orgánica y en nitrógeno, medianamente rico en fósforo y en potasio. En cuanto a la salinidad es ligeramente salino.

Huaraz, 09 de Junio del 2015.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ANCASH "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO" - HUARAZ
JEFATURA-LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS
F.C.A

Ing. M.Sc. Guillermo Castillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS

ANEXO N°8. PRESUPUESTO

PRESUPUESTO PARA EL ACONDICIONAMIENTO DEL AREA DE COMPOSTAJE

Nº	Descripción	Und.	Cant.	Costo Parcial (S/.)	Costo Total (S/.)
1	**Terreno**				
	Área de Caracterización (9.00 x 6.00 m aprox)	Mes	5	150	750
	Características del Área : Libre, Ventilada, con techo de 9.00 x 6.00 m, Almacen de Herramientas.				
2	**Materiales**				
	Lampa	Und.	3	25	75
	Pico	Und.	3	28	84
	Barreta	Und.	1	120	120
	Rastrillo	Und.	2	15	30
	Machete	Und.	2	15	30
	Costal (cerco perimetro)	Glb.	1	50	50
	Calaminas	Und.	26	18	468
	Clavos	Kg.	4	5.5	22
	Plastico doble	M.	16	3.5	56
	Balde de 4 litros	Und.	3	8	24
	Madera de eucalipto rollizo 2",3", 3.5" y 4"	Glb.	1	350	350
	Listones de 2.5"	Und.	9	9.5	85.5
	Candado	Und.	2	5	10
3	**Movilidad**				
	Transporte de las materiales	Glb.	2	30	60
4	**Personal**				
	Albañil	Und.	1	50	250
	Peon	Und.	1	40	200
	Total S/.				**2664.5**

PRESUPUESTO DE LA RECOLECCION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS PARA COMPOST 7 DIAS MAS DESPUES DE LA CARACTERIZACION

Nº	Descripción	Und.	Cant.	Costo Parcial (S/.)	Costo Total (S/.)
1	**Materiales**				
	Bolsas de polietileno de 140 litros	Paquetes	7	14	98
	Guantes	Par	2	6	12
	Guantes de procedimientos	Caja	1	15	15
2	**Movilidad**				
	Tranporte de los residuos sólidos	Glb.	7	30	210
	Movilidad al personal de Apoyo (Punto de Inicio - Disposicion Final)	Psjes.	7	15	105
3	**Personal**				
	Ayuda en la recoleccion	Personas	1	20	160
	Refrigerios	Glb.	1	180	180
4	**Insumos para la limpieza**				
	Cloro	Glb.	2	1.2	2.4
	Jabones	Und.	2	2	4
	Detergente	Und.	2	2	4
	Total S/.				**790.4**

MATERIALES Y EQUIPOS PROCESO DE COMPOSTAJE

Nº	Descripción	Und.	Cant.	Costo Parcial (S/.)	Costo Total (S/.)
1	**Materiales**				
	Machete	Und.	2	15	30
	Rastrillo	Und.	2	15	30
	Termometro	Und.	1	60	60
	Malla metalica	Und.	1	12.5	12.5
	Costal (50 kg)	Und.	4	0.5	2
	Tabla de picar	Und.	2	2	4
	Biruta	Kg	10	0.2	2
	Camara fotografica	Und.	1	45	45
2	**Movilidad**				
	Tranporte (días de remoción)	Glb.	25	4	100
	Total S/.				**285.5**

ANEXO N°9. NORMA CHILEA

COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
DEPARTAMENTO DESCONTAMINACION, PLANES Y NORMAS

NORMA DE CALIDAD DE COMPOST

Propuesta consolidada para consulta pública
10-10-2000

FUNDAMENTACIÓN

La generación de residuos sólidos crece a diario asociándose al incremento en los niveles de ingreso, cambio en los hábitos de consumo, desarrollo tecnológico y mejora de estándares de calidad de vida de la población. La información disponible, muestra que en la Región Metropolitana la generación de residuos sólidos domiciliarios se ha incrementado de 0,6 kg/hab.día en 1977 a 0,77 kg/hab.día en 1992, proyectándose alcanzar 1,15 kg/hab.día en el año 2000.[1] De acuerdo a estudios realizados en la Región Metropolitana, entre el 65% y 70% de los residuos sólidos generados están compuestos de residuos orgánicos, principalmente provenientes de restos de alimentos, de mercado o ferias libres y de vegetales producto de las podas de parques y jardines. A esto, hay que agregar la creciente generación residuos sólidos agrícolas, forestales, agroindustriales y de lodos provenientes del tratamiento de aguas servidas y de residuos líquidos industriales de algunos procesos productivos.

Estos residuos conformados básicamente por componentes orgánicos y que a priori requieren de un proceso de separación en origen, son susceptibles de ser transformados mediante procesos naturales (biológicos aeróbicos) y convertidos en un producto compost que aporta nutrientes pudiendo ser utilizado en la agricultura y agricultura orgánica como acondicionador orgánico de suelos o fertilizante natural. El compost, específicamente suele ser utilizado como mejorador de algunas propiedades físicas del suelo como son su estructura, drenaje, aireación, retención de agua y nutrientes, en la prevención disminuyendo la susceptibilidad a la erosión de suelos, en la recuperación de suelos degradados y en superficies alteradas sin uso agrícola. La aplicación de compost a los suelos, aumenta la población microbiana existente (responsable de la mineralización de la materia orgánica y liberación de nutrientes esenciales como C, N, P) y por ende la producción de sustancias biológicas activas útiles para mejorar y promover el crecimiento y desarrollo vegetal, como vitaminas, hormonas, antibióticos aminoácidos etc.

La producción de compost, que es un producto distinto al humus y a la turba, se presenta como una opción alternativa a la quema, principalmente de residuos agrícolas y forestales, y por consiguiente a la emisión de contaminantes atmosféricos y a la pérdida de materia orgánica, por calcinación, en los suelos. A su vez, la opción del compostaje de residuos sólidos orgánicos, implica una disminución drástica de la cantidad de materia orgánica en los rellenos sanitarios, fuente de generación de olores, atracción de vectores y producción de biogás. Como consecuencia de esta disminución, se puede facilitar la localización de rellenos sanitarios y aumentar significativamente la vida útil de los ya existentes. Finalmente, la producción de compost debe entenderse como una actividad que busca desincentivar el uso de la tierra de hojas y por ende las implicancias ambientales que ello implica.

[1] Gobierno Regional Región Metropolitana "Informe Propuesta de Política Regional de Residuos Sólidos Región Metropolitana, Marzo 1999".

En la actualidad, el país presenta un creciente desarrollo de la actividad del compostaje como alternativa a la gestión de residuos orgánicos. Sin embargo, no existe un criterio para definir la calidad del compost. Es por ello que se hace necesario definir, criterios o parámetros que permitan regular su calidad, para de esa forma facilitar su comercialización y utilización.

TÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES

Ámbito de la regulación

El presente reglamento, aplicable dentro de todo el territorio nacional, tiene por objeto regular la calidad del compost producido a partir de residuos orgánicos y otros materiales orgánicos generados por la actividad humana, excluidos los residuos producidos en bosques nativos y/o áreas silvestres que están siendo manejadas. La normativa aplicará a compost producido en plantas de compostaje establecidas, en faenas in situ y en plantas móviles siempre y cuando el producto se pretenda comercializar bajo el nombre de compost.

Los residuos compostables corresponden a la fracción orgánica de síntesis natural contenida en los siguientes residuos: agroindustriales, agrícolas (incluye forestales, cultivos y ganaderos), animales, pesqueros, de ferias libres, de la manutención de parques y jardines y domiciliarios verdes y lodos del tratamiento de aguas. Quedarán excluidos los residuos orgánicos peligrosos definidos en el proyecto de reglamento de manejo sanitario de residuos peligrosos (MINSAL), y los residuos infecciosos.

Independientemente del origen de los residuos utilizados y de la tecnología empleada en el proceso de producción de compost[2], los productos sujetos a esta norma, para efectos de su calidad, deberán cumplir con los requisitos señalados en ella. La presente normativa busca promover la gestión adecuada de los residuos sólidos orgánicos generados en nuestro territorio, evitar la introducción de plagas que puedan venir incorporadas a productos importados y promover y fomentar el desarrollo de la industria nacional del compost. La normativa aplica al compost producido en Chile así como en el compost importado.

En esta normativa se identificarán tres clases de compost: compost Clase A, compost clase B y compost Inmaduro.

Definiciones

Para los efectos de esta regulación, se entenderá por:

Acondicionador orgánico de suelos: Mezcla de compost con materia orgánica distinta a la que lo originó que tiene como función principal la de mejorar la estructura del suelo. Esta mezcla suele realizarse en la fase de estabilización del producto.

---

[2] Básicamente existen 3 tecnologías para la producción de compost: Pila estática aireada, pila con volteo y reactores rotatorios.

Agricultura: Actividad de siembra, plantación y cosecha; incluye cultivos, producción animal y silvicultura.

Agricultura orgánica: Sistema integral de producción agropecuaria, basado en prácticas de manejo ecológico, cuyo objetivo principal es alcanzar una productividad sostenida en base a la conservación y/o recuperación de los recursos naturales, y que restringe el uso de productos de origen químico sintético[3].

Autoridad competente: Organismo público con competencia para fiscalizar la calidad del producto compost generado en las plantas de compostaje.

Atracción de vectores: Característica de los compost de atraer roedores, insectos voladores y rastreros y otros organismos capaces de transportar agentes infecciosos a seres humanos y animales.

Compostaje: Técnica para el tratamiento de componentes sólidos orgánicos basado en procesos de mineralización y transformación de materia orgánica producida por microorganismos aeróbicos. Como resultado de este proceso se genera mayoritariamente compost, dióxido de carbono y agua. El proceso considera cuatro etapas; una primera mesofílica, segunda termofílica, tercera de enfriamiento y una cuarta de maduración.

Compost: Producto inocuo y libre de efectos fitotóxicos que resulta del proceso de compostaje constituido por una materia orgánica estabilizada donde no se reconoce origen, puesto que se habrá degradado generando partículas más finas y oscuras. Su aplicación al suelo, no debe provocar daños a las plantas y podrá ser almacenado sin posteriores tratamientos ni alteraciones siempre y cuando se den las condiciones ambientales adecuadas. Sinónimo de composta, composto, mantillo.

Compost clase A: Producto de alta calidad que cumple con las exigencias para compost clase A en todos los parámetros especificados en esta normativa. El producto no presenta ninguna restricción de uso debido a que ha sido sometido a un proceso de humificación pudiendo ser aplicado a macetas directamente sin mezclarse.

Compost clase B: Producto de calidad que cumple con las exigencias para compost clase B en todos los parámetros especificados en esta normativa. El producto presenta algunas restricciones de uso. Para ser aplicado a macetas, requiere ser mezclado con otros elementos adecuados.

Compost Inmaduro: Es una materia orgánica que ha pasado por las etapas mesofílica y termofílica del proceso de compostaje donde ha sufrido una descomposición inicial pero no ha alcanzado las etapas de enfriamiento y maduración requeridas para obtener un compost clase A o B. Es un producto que se debe mezclar para ser aplicado y no debe producir hambre de nitrógeno.

Compost maduro: Sinónimo de compost.

---

[3] Norma INN 2439 año 1999.

Faenas in situ: Sitio en el cual se efectúan temporalmente y por no más de 6 meses anuales, actividades de compostaje de residuos orgánicos. Los residuos orgánicos utilizados en el proceso a lo menos en un 50 % deben provenir del mismo predio donde se realizará la faena in situ.

Humus: Fracción orgánica coloidal del suelo, extremadamente estable frente a cambios en las condiciones ambientales y/o de manejo.

Lodo: Acumulación de sólidos sedimentables separados en los distintos procesos de tratamiento de aguas.

Materiales Orgánicos: Sustancias de origen animal o vegetal factibles de ser compostadas, incluye productos y/o subproductos.

Partida de compost: Cantidad de producto de similares características técnicas que bajo los parámetros establecidos en esta normativa, el productor somete a certificación de su calidad ante la autoridad competente.

Pila estática aireada: Técnica utilizada en el proceso de compostaje que permite un control más preciso de la aireación así como otros parámetros importantes del proceso como son la temperatura y la humedad Utiliza un sistema de tuberías perforadas conectado a una bomba que permite succionar y soplar artificialmente aire a la pila. El término pila es utilizado también para identificar al depósito de materia en compostación.

Pila con volteo: Técnica utilizada en el proceso de compostaje basado en el volteo frecuente del material en proceso lo que permite lograr la aireación necesaria como asimismo una mezcla entre el material exterior con el que se encuentra al interior de la pila..

Planta de compostaje: Establecimientos en los que se efectúa el proceso de compostaje.

Planta de compostaje móvil: Instalación móvil que debe cumplir con condiciones sanitarias y ambientales básicas, en la cual internamente se efectúa el proceso de compostaje no requiriendo estar establecida en ningún lugar geográfico determinado.

Residuo: Sustancias u objetos a cuya eliminación su generador procede, se propone proceder o está obligado a proceder en virtud de la legislación vigente.

Residuo Infeccioso: Corresponde a una de las fracciones peligrosas de los residuos hospitalarios caracterizada por la presencia de una gran variedad de microorganismos patógenos que aumentan el riesgo de contagio de enfermedades en las personas. Incluye cultivos, tejidos, órganos y partes sólidas de cuerpos de humanos y animales que han sido expuestos a agentes patógenos y por ende requieren de un tratamiento previo a su disposición final.

Residuo orgánico: Residuo de origen vegetal o animal, separado en origen, rico en carbono y nitrógeno.

Residuo sólido domiciliario: Residuos sólidos generados en los domicilios y de otras fuentes como por ejemplo oficinas, servicios, cuarteles, establecimientos educacionales, casinos de

industrias y hospitales, que presentan composiciones similares a los residuos sólidos generados en los domicilios."

Separación en origen: Segregación y clasificación de los residuos en el sitio donde son generados, con el propósito de facilitar su reutilización posterior.

Suelo: Cuerpo natural tridimensional integrante de la corteza terrestre y que ocupa el segmento superior de éste en contacto con la atmósfera. Sustrato dominantemente mineral de origen lítico no consolidado y se constituye en el hábitat natural de las raíces de los vegetales y de complejas comunidades bióticas. La productividad del suelo se mide por su capacidad periódica de sintetizar biomasa vegetal.

Suelo degradado: Es aquel suelo que ha perdido su potencial productivo o parte de él por procesos naturales o antrópicos.

Superficies alteradas sin uso agrícola: Areas resultantes de la acción antrópica, principalmente la actividad minera caracterizadas por una mínima capacidad de contener vegetación, evitar la erosión y estabilizar su estructura.

Tierra de hojas: Todo aquel material vegetal proveniente principalmente del bosque nativo y colectado desde la capa superior del suelo, formado por la hojarasca no descompuesta o incipientemente descompuesta, en el que aún se podría identificar su origen biológico.

Turba: Carbón fósil formado por residuos vegetales acumulados en sitios pantanosos de aspecto terroso y de poco peso.

TÍTULO II CARACTERÍSTICAS DEL COMPOST

Párrafo 1 Parámetros sanitarios

Artículo 1 Reducción de patógenos

Todos los tipos de compost, es decir Clase A, Clase B e Inmaduro, deberán cumplir copulativamente con los siguientes requisitos:

1) Tener una densidad de coliformes fecales menor a 1.000 Número Más Probable (NMP) por gramo de compost, base seca;
2) Tener una densidad de salmonella sp. menor a 3 NMP en 4 gramos de compost, base seca;
3) Tener un contenido de huevos de helmintos menor a 1 en 4 gramos de compost, base seca.

Como alternativa al requisito número 3 se entenderá el cumplimiento de alguno de los siguientes requisitos:

4) Tener una densidad máxima de virus MS-2 menor a 1 Unidad de Formación de Placas (UFP) en 4 gramos de compost, base seca.
5) Si se aplica el método de compostaje de apilamiento estático con aireación forzada, la temperatura del compost deberá mantenerse a 55 °C o más, por tres días.

6) Si se aplica el método de compostaje de apilamiento con volteos, la temperatura del compost deberá mantenerse a 55°C o más, por un período a lo menos de 15 días. Durante dicho período, las pilas deberán ser volteadas un mínimo de cinco veces. Alternativamente, la temperatura del compost se debe mantener por sobre los 70°C por un período superior a 30 minutos.

Artículo 2 Olores

El compost no debe presentar olores fuertes (compuestos de sulfuro, mercaptanos, gases TRS) a excepción de un aroma característico a bosque.

Artículo 3 Humedad[4]

Para todo tipo de compost producido y comercializado en el país (clase A, B e Inmaduro) el contenido de humedad no debe ser menor que 30 % en peso.

Párrafo 2 Parámetros ambientales

Artículo 4 Metales pesados

Todo compost producido en el país (clase A clase B o inmaduro) deberá cumplir con los requisitos establecidos en la Tabla N°1 respecto a la concentración de metales pesados:

Tabla 1 Concentraciones máximas de metales pesados en compost

Metal Pesado	Concentración máxima en mg/kg. De compost (base seca)[1]
Arsénico	15
Cadmio	2
Cobre	100
Mercurio	1
Molibdeno	2
Níquel	20
Plomo	100
Zinc	200

1 Concentraciones expresadas como contenidos totales

El compost producido en base a lodos que no cumpla con los requisitos señalados en la tabla N°1, debe cumplir con las restricciones de aplicación estipuladas en el "Anteproyecto de Reglamento para el Manejo de Lodos no Peligrosos Generados en Plantas de Tratamiento de Aguas".

Una recomendación de dosis de aplicación de compost para evitar la acumulación de metales pesados en los suelos de Chile se muestra en el anexo N°1 del manual de aplicación de esta norma.

[4] El contenido de humedad del producto se debe identificar en la etiqueta de información del producto.

Artículo 5 Conductividad eléctrica

Todo compost producido en el país deberá cumplir con los siguientes requisitos establecidos respecto a la conductividad eléctrica.

Compost clase A: menor o igual a 5 mmho/cm (dS/m)
Compost clase B: 5 – 12 mmho/cm (dS/m)

En el caso del compost clase B y si pH está entre 7.8 - 8.5 la relación de adsorción de sodio (RAS) debe ser inferior a 7.

Párrafo 3 Parámetros agrícolas

Artículo 6 Relación C/N

El compost se clasificará en función de los siguientes rangos de la relación C/N:
Compost clase A: entre 10-25
Compost clase B: entre 10-40
Compost Inmaduro: Máximo 50.

Artículo 7 pH

Compost clase A: 7.0 - 8.0
Compost clase B: 6.5 - 8.5
Compost Inmaduro: 6.0- 8.5

Artículo 8 Madurez

Un compost se considerará maduro si cumple con el siguiente requerimiento:
Después de una incubación de 24 hrs.en condiciones anaeróbicas a una temperatura de 55°C el ph del producto compost debe ser mayor a 6.5.

Esta exigencia no aplica para compost inmaduro.

Artículo 9 Materia orgánica

El contenido de materia orgánica para todos los tipos de compost (compost clase A, clase B e Inmaduro) debe ser mayor o igual a 25 % en base seca.

Artículo 10 Productividad agrícola

Todo compost debe obtener a lo menos los siguientes resultados en los siguientes ensayos:

a) Germinación de semillas: Igual o menor a 2 semillas de maleza germinadas/lt de compost
b) Toxicidad a las plantas: A lo menos debe prosperar el 90 % de las plantas de referencia (plantación sin compost) (Se hace necesario definir la especie).
c) Ensayos con daphnia: CL50.

Párrafo 4 Materias extrañas

Artículo 11 Impurezas

Las impurezas que puede contener el compost se definen a continuación:

Plástico, metal, vidrio y/o caucho, mayor a 2 mm:
Compost clase A: menor o igual a 0,5% por peso en base seca.
Compost clase B: menor o igual a 1,0% por peso en base seca.
Compost Inmaduro: menor o igual a 1,0% por peso en base seca.

Piedras mayor a 5 mm:
Compost clase A: menor o igual a 5% por peso en base seca.
Compost clase B: menor o igual a 5% por peso en base seca.
Compost Inmaduro: menor o igual a 5% por peso en base seca.

Vidrio mayor a 16 mm:
Compost clase A: ausente.
Compost clase B: ausente.
Compost Inmaduro: ausente

TÍTULO III DE LOS PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO Y ANÁLISIS

Artículo 12 Procedimientos de muestreo

Las muestras de compost terminado se tomarán una vez terminado el proceso de maduración del producto.

Para ello, el productor o el propio laboratorio que realizará los análisis deberá tomar una muestra representativa desde los lugares de acopio del producto.

Para productos comercializados a granel, se debe tomar sub-muestras por cada metro lineal de la pila de compost desde la superficie hasta una profundidad de 10 cm, las submezclas se mezclan, se homogenizan y de ahí se toma una muestra de 1 Kg para su análisis. Luego esta muestra se deberá introducir en una bolsa plástica cerrada.

Para productos embolsados o ensacados, se debe elegir 3 unidades al azar, luego se deben mezclar y homogeneizar para tomar una muestra de 1 Kg.

Finalmente se deben enviar las muestras en no más de 12 horas al laboratorio reconocido por la autoridad competente.

Articulo 13 Procedimientos de análisis

La metodología de análisis para cada uno de los parámetros identificados en la presente normativa se muestra en el manual de aplicación de la presente normativa. Todo productor de compost que desee calificar su producto bajo los estándares establecidos por esta normativa, deberá realizar los análisis sobre la base de la metodología indicada.

Artículo 14 Frecuencia de los análisis

Todo productor de compost que desee calificar su producto bajo los procedimientos establecidos por esta normativa, debe durante el primer año de marcha blanca, presentar sus análisis a la autoridad competente cada 3 meses para así obtener la calificación de su producto. La Autoridad Competente podrá en cualquier momento verificar mediante visitas de fiscalización lo declarado por el productor.

En el segundo año, el productor podrá solicitar una modificación en las frecuencias de los análisis en función de los tipos de materias primas utilizadas en el proceso, autorización que quedará sujeta al criterio de la autoridad competente. El criterio principal será la variación de los resultados de los análisis presentados durante el primer año.

TÍTULO IV DE LOS PROCEDIMIENTOS DE CALIFICACION DEL PRODUCTO

Articulo 15 Inscripción en los registros SAG

Los productores de compost deben inscribirse por una única vez, en los registros del SAG como productores autorizados de compost. Para ingresar a los registros SAG se debe presentar la siguiente información bajo declaración jurada:

- Nombre de la empresa o persona natural.
- Dirección.
- Rut de la empresa o el representante legal.
- Autorizaciones pertinentes para el funcionamiento de la planta.
- Certificado de antecedentes para fines particulares
- Personal de la empresa identificando profesionales,técnicos, administrativos y obreros.
- Tipo de planta de compostaje (Planta de compostaje móvil, planta de compostaje establecida, servicios de compostaje asociado a faenas in situ).
- Equipamiento especificando vehículos, maquinaria, instrumentos, otros.
- Experiencia en el rubro de compostaje.

Articulo 16 Registro por partida

El productor debe registrar cada partida de producto. Para ese efecto debe entregar a la Autoridad Competente bajo declaración jurada la siguiente información:

- N° de partida indicando la cantidad de producto (ton o m3).
- Resultados de los análisis realizados.
- Muestra y contramuestra del producto.

La Autoridad Competente procede a certificar el producto, y colocar un número de registro a la partida. A su vez, dicha autoridad podrá fiscalizar durante los 20 días hábiles siguientes lo declarado por el productor.

TITULO V DE LA INFORMACION EN EL PRODUCTO

Artículo 17 Etiquetado del producto

Todo compost comercializado en el país, debe contar con una etiqueta que indique la siguiente información relativa al producto:

- Nombre del productor, dirección, teléfono.
- N° de resolución del Servicio de Salud Respectivo que autoriza el funcionamiento de la planta de compostaje productora de compost.
- N° de identificación de la partida del producto.
- Clasificación del producto en compost clase A, clase B o Inmaduro según la presente normativa.
- Peso total
- % de materia orgánica total.
- % humedad.
- Relación C/N
- Indicación de la existencia de la ficha técnica a disposición del usuario.
- Recomendaciones y restricciones de uso.

Artículo 18 Ficha técnica del producto

Todo compost comercializado en el país deberá contar con una ficha técnica disponible para los usuarios interesados que especifique toda la información señalada en el artículo 17 más lo que se indica a continuación:

- Rut del productor de compost.
- Proceso de compostaje utilizado.
- Principales materias primas utilizadas en el proceso limitadas a las siguientes categorias: Lodos sanitarios de aguas servidas, lodos orgánicos agroindustriales, residuos agrícolas vegetales y animales, residuos agroindustriales, residuos forestales y silvícolas, restos de poda y mantención de jardines, restos de ferias libres y mercados, residuos pesqueros, otros materiales orgánicos.
- Conductividad eléctrica.
- pH.
- Contenido mínimo de N, P, K, Ca, Mg, S, Na disponibles y de nitrógeno y fósforo total (expresados como mg/kg.).
- Contenido mínimo de los siguientes micronutrientes: Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, B.
- Recomendaciones de uso (prohibiciones, reestricciones, forma de aplicación, dosis de aplicación).

TÍTULO VI DE LA FISCALIZACIÓN

Artículo 19 Autorizaciones de funcionamiento

Todo productor de compost que desee calificar su producto según esta norma, deberá contar previamente con las autorizaciones pertinentes para su funcionamiento.

La autoridad competente de fiscalizar el funcionamiento de las Plantas de compostaje es el Servicio de Salud correspondiente de la región donde se encuentre el productor.

Las autoridad competente para fiscalizar el producto compost es el Servicio Agrícola Ganadero. En la tabla N° 2 se indican las autorizaciones pertinentes y el organismo responsable de dicha autorización.

Tabla N° 2 Autorizaciones que debe cumplir un productor de compost

AUTORIDAD	AUTORIZACIÓN PERTINENTE
Coremas	Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
Seremi Agricultura, Seremi Minvu, Municipios	Permiso de Localización de industrias (zona urbana, zona rural).
Servicio de Salud	Calificación Técnica
Servicio de Salud	Informe Sanitario
Municipios	Permiso municipal de edificación Patente municipal definitiva
Servicio Agrícola Ganadero Regional	Fiscaliza las partidas de compost
Servicio Agrícola Ganadero Regional	Aprobación del certificado de calidad del producto

Artículo 20 Certificado de calidad del producto

La Autoridad Competente para la emisión del certificado de calidad del producto será la Dirección Regional del SAG de la región donde el productor haya declarado su residencia.

Artículo 21 De las multas y sanciones

El no cumplimiento de lo declarado por el productor de compost, entrega atribuciones a la Autoridad Competente para multar siguiendo los siguientes procedimientos:

Primera instancia: $ 1.000.000 (un millón de pesos).
Segunda instancia: $ 2.000.000 (dos millones de pesos).
Tercera instancia: Eliminación del registro autorizado de productores de compost.

TÍTULO FINAL DE LA VIGENCIA

La norma de calidad a que se refiere este anteproyecto entrará en vigencia 180 días después de su publicación en el diario oficial.

Una vez entrada en vigencia, será revisada al menos cada 5 años.

MANUAL DE APLICACIÓN DE LA NORMA

ANEXO 1 DOSIS DE APLICACIÓN DE COMPOST PARA EVITAR LA ACUMULACIÓN DE METALES PESADOS EN LOS SUELOS DE CHILE[5].

Dosis máximas sostenibles de compost (ton ms/ha/año) (no incremento del contenido de metal en suelos)

Metal Pesado	Zona Norte Centro			Zona Centro Sur		
	Pesimista	Realista	Pesimista	Pesimista	Realista	Pesimista
Zn	3.75	5.0	6.67	2.22	2.96	3.95
Cd	3.75	5.0	6.67	2.22	2.96	3.95
Cu	4.50	6.0	8.0	2.67	3.56	4.74
Pb	4.50	6.0	8.0	2.67	3.56	4.74
As	5.0	6.7	8.89	2.96	3.95	5.27
Mo	8.33	11.11	14.81	4.00	5.33	7.11

Dosis máximas sostenibles de compost (ton mh/ha/año) (no incremento del contenido de metal en suelos)
Humedad 0.3

Metal Pesado	Zona Norte Centro			Zona Centro Sur		
	Pesimista	Realista	Pesimista	Pesimista	Realista	Pesimista
Zn	8.75	11.67	15.56	5.19	6.91	9.22
Cd	8.75	11.67	15.56	5.19	6.91	9.22
Cu	10.50	14.0	18.67	6.22	8.30	11.06
Pb	10.50	14.0	18.67	6.22	8.30	11.06
As	11.67	15.56	20.74	6.91	9.22	12.29
Mo	19.44	25.93	34.57	9.33	12.44	16.59

Supuestos de los cálculos:

Los cálculos se basan en los los siguientes supuestos:

1. que los composts tuvieran contenidos de metales correspondientes a:
los máximos propuestos (condición pesimista),
un 75% de los máximos (condición realista), y
un 75% del valor intermedio equivalente al 56,25 % de los máximos (condición optimista),

2. que el país se divide en 2 zonas agroecológicas, en función del potencial de actividad de los metales en suelos, a saber:
zona norte-centro (regiones I a Metropolitana), y
zona centro-sur (regiones VI a XII),

3. que la extracción de metales, por los cultivos, se contabilizó como la fracción de biomasa que se extrae del terreno (se asumió una condición ideal de 2 cultivos por año, un 50% de remoción

[5] Sergio González, INIA 2000.

de la biomasa aérea y un 10% de remoción adicional en la zona centro-sur, por movimiento de los metales fuera de los suelos debido a lluvias abundantes y/o mayor movilidad de metales),

4. una condición inversa de remoción de Mo, por lavado de suelos, en la zona norte-centro, ya que es más móvil en la zona centro-norte (por suelos con alta hidricidad y pH > 7, y

5. una absorción de metales por cultivos, mayor en la zona norte-centro, debido a una mayor dotación metálica de los suelos; contenidos frecuentemente registrados en la literatura especializada.

En función de respetar el criterio de aplicación de composts, sin inducir incremento del contenido metálico nativo de suelos, se verifica que:

1. los suelos de la zona norte-centro podrían recibir mayores cantidades de composts por año, sin inducir "build-up" de metales en suelos,

2. de acuerdo a los contenidos máximos que se están proponiendo para composts (en mg/kg ms: Cu 100, Pb 100, Zn 200, Cd 2, As 15, Mo 2), los metales más limitantes de las aplicaciones máximas sustentables (sin inducción de build-up) serían Zn y Cd; especialmente importante es lo referente al Cd, dada su alta toxicidad para plantas y animales (incluyendo mamíferos superiores) y la sensibilidad que la gente tienen sobre la presencia de ese metal,

3. el Cu y el Pb son los dos siguientes metales limitantes de las cantidades aplicadas anualmente, para terminar con el As y el Mo,

4. como criterio general, no habría ningún problema de build-up de metales en suelos, por aplicación de composts, si se cumplen dos requisitos, a saber:

que las materias primas sólo contengan lo que las plantas y animales pueden absorber, naturalmente, y
que ellas provengan de sitios no alterados, en cuanto al contenido nativo de metales, y

5. por consiguiente, como las dosis anuales para una aplicación sustentable tienden a ser bajas a moderadas, los productores tendrían que extremar las precauciones para no incluir substratos alterados, en cuanto al contenido de metales (léase, guano de animales con alimentación suplementada en metales; residuos de cultivos de suelos metálicos, natural o contaminados).

ANEXO 2 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

La determinación de los contaminantes incluidos en esta norma se deberá efectuar de acuerdo a los métodos que se indican a continuación, teniendo en cuenta que los resultados deberán referirse a valores totales en peso, base seca.

Para la preparación de las muestras sólidas, previo a los análisis para coliformes, salmonella, huevos de helminto y virus MS-2, se deberá aplicar el método señalado en:

- Bacteriological Analytical Manual (BAM), U.S. Food and Drug Administration (FDA), 8th Edition, 1995. AOAC International, USA.

Para coliformes fecales existen dos métodos:

- NCh. 2313/22 Of.95, INN, 1ª ed., 1995, Determinación de Coliformes Fecales (NMP) en medio EC.
- NCh. 2313/23 Of.95, INN, 1ª ed., 1995, Determinación de Coliformes Fecales (NMP) en medio A-1.

Para salmonela el método que corresponde es:

- Quantitative Salmonella Procedure. Section 9260 D. P.9-97. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 20 ed.,1998. APHA; AWWA; WEF

Para huevos de helminto el método que corresponde es:

- Yanko, W.A., EPA 600/1-87-014, 1987

Para viruses MS-2 el método que corresponde es:

- ASTM D 4994-89 Standard Practice For Recovery of Viruses From Wastewater Sludges

Para olores un método es:

- TMECC 05.06 ODOR
- 05.06-A Quick-Test for Field Assessment of Compost Odor

Para humedad un método es:

- TMECC 03.09 TOTAL SOLIDS AND MOISTURE
- 03.09-A Total Solids and Moisture at 70±5°C

Para madurez el método es:
"Method for the determination of completion of composting". Compost Sci. 14, 8-15).

Para materia orgánica un método es:

- TMECC 05.07 ORGANIC MATTER
- 05.07-A Loss-On-Ignition Organic Matter Method (LOI)
- 05.07-B Humic Substances - Proposed Fulvic Acid and Humic Acid Extraction and Characterization.

Para impurezas tales como vidrios, metal y plásticos duros un método es:

- TMECC 03.05 FILM PLASTICS
- 03.05-A Film Plastic Surface Area Determinations Using Digital Processing

- TMECC 03.06 Glass Shards, Metal Fragments and Hard Plastics
- 03.06-A Glass Shards, Metal Fragments and Hard Plastics Wet Sieving Technique

Contenido de Carbono Orgánico Total (COT):
- Método 9060A, Total Organic Carbon, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1986
- TMECC 04.01 ORGANIC CARBON
- 04.01-A COMBUSTION WITH CO2 DETECTION

Para Conductividad eléctrica algunos métodos son:
- TMECC 04.10 ELECTRICAL CONDUCTIVITY
- 04.10-A 1:5 SLURRY METHOD, MASS BASIS
- 04.10-B 1:5 SLURRY METHOD, VOLUME BASIS
- 04.10a APPENDIX—TEMPERATURE CORRECTION

Para pH los métodos son:
- Método 3.I, Rev.1998, Comisión de Normalización y Acreditación. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. Suspensión y determinación potenciométrica.
- Método 9040B, pH electrometric measurement, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 2, Enero 1995.
- Método 9045C, Soil and waste pH, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 3, Enero 1995.

Para nitrógeno disponible los métodos son:
- Método Bremner y Keeney (Extracción con KCl, 2 M), en Page, A.L.; R.H. Miller and D.R. Keeney (ed.). 1982. "Methods of Analysis, Part 2, Chemical and microbiological properties". 2nd Ed. Agronomy 9. ASA, Inc. SSSA, Inc. Publisher. Madison, Wisconsin, USA. pp. 649-650.
- Método Bremner y Keeney (Extracción con KCl, 2 M), en Black, C.A. et al. (ed.). 1965 Methods of soil analysis, Part 2. Agronomy 9. Am. Soc. of Agron., Inc., Madison, Wis., USA. pp. 1191-1206.

Para nitrógeno total los métodos son:
- Método Kjeldahl, en Page, A.L.; R.H. Miller and D.R. Keeney (ed.). 1982. "Methods of Analysis, Part 2, Chemical and microbiological properties". 2nd Ed. Agronomy 9. ASA, Inc. SSSA, Inc. Publisher. Madison, Wisconsin, USA. pp. 610-616.
- Método Kjeldahl, en Black, C.A. et al. (ed.). 1965 Methods of soil analysis, Part 2. Agronomy 9. Am. Soc. of Agron., Inc., Madison, Wis., USA. pp. 1161-1175.
- 04.02-A TOTAL KJELDAHL NITROGEN, SEMI-MICRO KJELDAHL TECHNIQUE
- 04.02-B NITRATE NITROGEN DETERMINATION
- 04.02-C AMMONIUM NITROGEN DETERMINATION
- 04.02-D TOTAL NITROGEN BY COMBUSTION (DUMAS)

Para fósforo disponible los métodos son:
- Método Olsen (extracción con NaHCO3, 0,5 M, pH 8,5), Método 6.I, Rev.1998, Comisión de Normalización y Acreditación. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo.
- Método Olsen (extracción con NaHCO3, 0,5 M, pH 8,5), en Page, A.L.; R.H. Miller and D.R. Keeney (ed.). 1982. "Methods of Analysis, Part 2, Chemical and microbiological properties".

2nd Ed. Agronomy 9. ASA, Inc. SSSA, Inc. Publisher. Madison, Wisconsin, USA. pp. 421-422.

Para fósforo total los métodos son:
- Digestión con ácido perclórico, en Page, A.L.; R.H. Miller and D.R. Keeney (ed.). 1982. "Methods of Analysis, Part 2, Chemical and microbiological properties". 2nd Ed. Agronomy 9. ASA, Inc. SSSA, Inc. Publisher. Madison, Wisconsin, USA. pp. 406-407.
- TMECC 04.03 PHOSPHORUS
- 04.03-A TOTAL PHOSPHORUS
- 04.03-B WATER-SOLUBLE PHOSPHORUS

Para potasio disponible los métodos son:
- Método extracción con acetato de amonio 1 M, pH 7,0, Método 4.I, Rev.1998, Comisión de Normalización y Acreditación. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. Extracción con solución de acetato de amonio 1 mol/L a pH 7,0 y determinación por espectrometría de absorción y emisión atómica.
- Método extracción con acetato de amonio 1 M, pH 7,0, en Black, C.A. et al. (ed.). 1965 Methods of soil analysis, Part 2. Agronomy 9. Am. Soc. of Agron., Inc., Madison, Wis., USA. pp. 229-231.
- Método extracción con acetato de amonio 1 M, pH 7,0, en Page, A.L.; R.H. Miller and D.R. Keeney (ed.). 1982. "Methods of Analysis, Part 2, Chemical and microbiological properties". 2nd Ed. Agronomy 9. ASA, Inc. SSSA, Inc. Publisher. Madison, Wisconsin, USA. pp. 228-230.
- TMECC 04.04 POTASSIUM
- 04.04-A TOTAL POTASSIUM
- 04.04-B WATER-SOLUBLE POTASSIUM

Preparación de muestras para el análisis de metales:
- Método 3050B, Acid digestión of sediments, sludges and soils, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Diciembre 1996

Métodos de Absorción Atómica.
- Método 7000A, Atomic Absorption Methods, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Julio 1992

Para arsénico total los métodos son:
- Método 6010B, Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 2, Diciembre 1996
- Método 6020, Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1994
- Método 7060A, Arsenic (Atomic absorption, furnace technique), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 1, Septiembre 1994
- Método 7061A, Arsenic (Atomic absorption, gaseous hydride), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 1, Julio 1992
- Método 7062, Antimony and arsenic (Atomic absorption, borohydride reduction), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1994
- Método 7063, Arsenic in aqueous samples and extracts by anodic stripping voltammtery (ASV), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Diciembre 1996

Para cadmio total los métodos son:
- Método 6010, Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 2, Diciembre 1996
- Método 6020, Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1994
- Método 7130, Cadminum (Atomic absorption, direct aspiration), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1986
- Método 7131A, Cadmium (Atomic absorption, furnace technique), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 1, Septiembre 1994

Para cobre total los métodos son:
- Método 6010, Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 2, Diciembre 1996
- Método 6020, Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1994
- Método 7210, Copper (Atomic absorption, direct aspiration), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1986
- Método 7211, Copper (Atomic absorption, furnace technique), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1986

Para mercurio total los métodos son:
- Método 6010, Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 2, Diciembre 1996
- Método 6020, Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1994
- Método 7470A, Mercury in liquid waste (Atomic absorption, manual cold-vapor technique), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 1, Septiembre 1994
- Método 7471A, Mercury in solid or semisolid waste (Atomic absorption, manual cold-vapor technique), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 1, Septiembre 1994
- Método 7472, Mercury in aqueous samples and extracts by anodic stripping voltammtery (ASV), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Diciembre 1996

Para molibdeno total los métodos son:
- Método 6010, Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 2, Diciembre 1996
- Método 6020, Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1994
- Método 7480, Molybdenum (Atomic absorption, direct aspiration), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1986
- Método 7481, Molybdenum (Atomic absorption, furnace technique), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1986

Para níquel total los métodos son:
- Método 6010, Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 2, Diciembre 1996
- Método 6020, Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1994

- Método 7520, Nickel (Atomic absorption, direct aspiration), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1986
- Método 7521, Nickel (Atomic absorption, furnace technique), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Diciembre 1996

Para plomo total los métodos son:
- Método 6010, Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 2, Diciembre 1996
- Método 6020, Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1994
- Método 7420, Lead (Atomic absorption, direct aspiration), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1986
- Método 7421, Lead (Atomic absorption, furnace technique), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1986

Para zinc total los métodos son:
- Método 6010, Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Revisión 2, Diciembre 1996
- Método 6020, Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1994
- Método 7950, Zinc (Atomic absorption, direct aspiration), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Septiembre 1986
- Método 7951, Zinc (Atomic absorption, furnace technique), Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Julio 1992

Para la germinación de semillas:
- Terrestrial plants, Growth test, OECD Guideline for testing of chemicals 208

Para toxicidad aguda los métodos son:
- La concentración letal 50 (CL50) y/o la concentración inhibitoria 50 (CI50):

a) Germinación de semillas
b) Lixiviación para ensayos con microcrustáceos (Daphnia magna o pulex).