

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES**

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**“MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS DEL RELLENO  
SANITARIO DE ANTONIO ANTE, PROVINCIA DE IMBABURA”**

Tesis presentada como requisito para optar por el título de Ingeniero en Recursos Naturales  
Renovables

**AUTOR**

Santiago Gabriel Erazo Rivera

**DIRECTOR:**

Ing. Guillermo Beltrán

Ibarra – Ecuador

2012

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

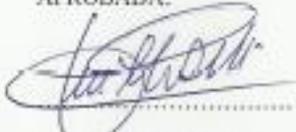
ESCUELA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**"MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS DEL RELLENO  
SANITARIO DE ANTONIO ANTE, PROVINCIA DE IMBABURA"**

Tesis revisada por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como requisito  
parcial para obtener el Título de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

APROBADA:



Ing. Guillermo Beltrán.  
Director



Ing. Guillermo Beltrán.  
Biometrista

Ibarra - Ecuador

2012



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN**  
**A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>		
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD</b>	1003720529	
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	Erazo Rivera Santiago Gabriel	
<b>DIRECCIÓN</b>	Rafael Larrea 5-47 y Bartolomé García, Ibarra - Imbabura	
<b>E-MAIL</b>	erazoriverasantiago@gmail.com	
<b>TELÉFONO FIJO</b>	062 642 970	<b>TELÉFONO MOVIL</b> 0980015423
<b>DATOS DE LA OBRA</b>		
<b>TÍTULO</b>	“MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS DEL RELLENO SANITARIO DE ANTONIO ANTE, PROVINCIA DE IMBABURA”	
<b>AUTOR</b>	Santiago Gabriel Erazo Rivera	
<b>FECHA</b>	2012	
<b>SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO</b>		
<b>PROGRAMA</b>	Pregrado	
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA</b>	Ingeniería en Recursos Naturales Renovables	
<b>DIRECTOR</b>	Ing. Guillermo Beltrán	

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, **SANTIAGO GABRIEL ERAZO RIVERA**, con cédula de ciudadanía Nro. 100372052-9; en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 12 de Diciembre del 2012

**EL AUTOR:**

**ACEPTACIÓN:**



**Santiago Gabriel Erazo Rivera**  
1003720529



Ing. Bethy Chacabuco  
**JEFE DE BIBLIOTECA**

Facultado por resolución del Honorable Consejo Universitario.



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, **SANTIAGO GABRIEL ERAZO RIVERA**, con CI Nro. 100372052-9; manifiesto la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado **"MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS DEL RELLENO SANITARIO DE ANTONIO ANTE, PROVINCIA DE IMBABURA"**, que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniero en **Recursos Naturales Renovables** de la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Santiago Gabriel Erazo Rivera', with a date '12/12/2012' written above it.

**Santiago Gabriel Erazo Rivera**

C.I. 100372052-9

Ibarra, 12 de Diciembre del 2012

## FORMATO DEL REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN  
Fecha: 12 de Diciembre del 2012

**ERAZO RIVERA SANTIAGO GABRIEL.** "MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS DEL RELLENO SANITARIO DE ANTONIO ANTE, PROVINCIA DE IMBABURA"/ TRABAJO DE GRADO. Ingeniero Recursos Naturales Renovables Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Recursos Naturales Renovables Ibarra, EC. Diciembre. 2012 134 p. anex., diagr.

**DIRECTOR:** Ing. Guillermo Beltrán

Este trabajo investigativo se basa principalmente en seis objetivos. Campañas de Educación Ambiental en la parroquia de San Roque y en los principales mercados del Cantón. Mercado Central Atuntaqui y Mercado Andrade Marín. Construcción de un espacio exclusivo dentro del relleno para el manejo técnico de residuos orgánicos (planta de compostaje). Realizar el pesaje de los residuos que ingresan al relleno sanitario. Analizar el tratamiento más eficiente de descomposición y realizar el manejo técnico de la planta de compostaje. Realizar un análisis financiero sobre la planta de compostaje. Capacitar comunidades rurales sobre el compostaje. Al final del proceso se realiza análisis de macro y micro nutrientes para saber la calidad del abono. Lo que se pretende es obtener un abono de buena calidad para que los pobladores del cantón Antonio Ante sobre todo las campesinas tengan un abono orgánico y utilicen en sus terrenos para mejorar la fertilidad de los suelos y así evitar contaminación del suelo, agua, aire por efecto del mal manejo de la basura.

Fecha: 12 de Diciembre del 2012.



Santiago Gabriel Erazo Rivera

f) Autor



Ing. Guillermo Beltrán

f) Director de Tesis

## **PRESENTACIÓN**

La presente investigación forma parte de los resultados del Proyecto “Modelo de Gestión Integral de Residuos Sólidos Antonio Ante – Ecuador. Proyecto desarrollado por el Gobierno Autónomo descentralizado de Antonio Ante y financiado por la Unión Europea; además un resultado de los programas sugeridos en el Plan de Manejo Ambiental del Relleno Sanitario de Antonio Ante.

La Tesis tiene como base el Plan de Gestión Integral de Desechos Sólidos del Cantón Antonio Ante.

Las ideas, conceptos, cuadros, tablas, mapas, resultados y más información que se presenta en esta investigación son de exclusiva responsabilidad del autor.

**Santiago Gabriel Erazo Rivera**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo investigativo se lo dedico primeramente a mi Dios, mi guía mi luz, el que me ha permitido llegar hasta aquí, el que me ha enseñado a valorar cada paso que doy y me ha dado la fortaleza para levantarme de las caídas.

Se lo dedico de todo corazón a mis padres Miriam y Vicente, mi inspiración y mi fortaleza, quienes han luchado para poderme brindar estudio, sin los cuales no hubiese podido culminar mi vida universitaria.

A mi tío y abuelita quienes han estado ahí en las buenas y en las malas apoyándome y alentándome durante toda la vida hasta verme convertido en un profesional

Dedico a mi hermano Alonsito, mi pequeño que me alentó para culminar mis estudios, mi gran inspiración con quien he pasado momentos de felicidad y tristeza apoyándonos mutuamente, y con quien he marcado la vida con mucha sabiduría.

A mis grandes amigos y compañeros con quienes he pasado grandes momentos y quienes me apoyaron en los diferentes momentos de mi vida.

En conclusión tengo la satisfacción de haber culminado el primero de mis logros profesionales, y si Dios me lo permite existirán muchos más a futuro.

**Santiago Gabriel Erazo Rivera**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme la fuerza y el entendimiento para poder culminar con mis estudios.

A mis padres quienes inculcaron en mi vida valores y me han brindado su apoyo incondicional.

A la persona del Ing. Guillermo Beltrán, Director de mi tesis, por su buena predisposición, conocimiento y experiencia aportada durante el desarrollo del presente estudio.

Al Gobierno Autónomo Descentralizado de Antonio Ante a través de su alcalde Ing. Ramiro Posso, A la Unidad de Gestión Ambiental a través de su Director. Ing. Edwin Ortiz y sobre todo al Proyecto “Gestión Integral de Residuos Sólidos” a través de su Coordinador Ing. Luis Vilca y todos los técnicos y promotores que me permitieron realizar la tesis dentro de su departamento y brindarme su apoyo incondicional en cada una de las actividades realizadas. A los trabajadores del Relleno Sanitario que no me negaron nunca una ayuda cuando la necesitaba

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte, a la Escuela de Recursos Naturales Renovables y su planta de docentes.

A mis compañeros y amigos de lucha en defensa de la vida y la pachamama (Andrea, María, Zayana, Victor, Santiago) con quienes hemos dejado el legado llamado club ecológico a nuestra Universidad

Finalmente agradezco a las personas que de una u otra manera me colaboraron en la realización del presente trabajo.

**Santiago Gabriel Erazo Rivera**

# ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINAS
-----------	---------

## CAPÍTULO I

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	OBJETIVOS	3
1.1.1	Objetivo General	3
1.1.2.	Objetivos Específicos	3
1.2.	HIPÓTESIS	4

## CAPÍTULO II

2.0.	REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1.	ANTECEDENTES DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS	5
2.1.1.	Ordenanza municipal para el manejo de residuos sólidos	5
2.2.	EDUCACIÓN AMBIENTAL	7
2.2.1.	La educación ambiental en el cantón Antonio Ante	7
2.3.	RESIDUOS SÓLIDOS	8
2.3.1.	Gestión de residuos sólidos	8
2.3.2.	Clasificación de los residuos sólidos	9
2.3.2.1.	Clasificación por estado	9
2.3.2.2.	Clasificación por origen	9
2.3.2.3.	Clasificación por tipo de manejo	10
2.3.3.	Problemas ambientales en el vertido de residuos sólidos	10
2.3.3.1.	Producción de olores	11
2.3.3.2.	Localización de la instalación	11
2.3.3.3.	Diseño y operación del proceso correctos	11
2.3.3.4.	Gestión biológica de olores	12
2.3.3.5.	Cuestiones de salud pública	12
2.3.3.6.	Calidad del producto	12

2.4.	RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS	13
2.4.1.	Clasificación de los residuos sólidos orgánicos	13
2.4.1.1.	Según su fuente de generación	13
2.4.1.2.	Según su naturaleza y/o característica física	14
2.4.2.	Propiedades físicas	15
2.4.2.1.	Peso específico	15
2.4.2.2.	Contenido de humedad	15
2.4.2.3.	Tamaño de la partícula	16
2.4.2.4.	Capacidad de campo	16
2.4.2.5.	Permeabilidad de los residuos	17
2.4.3.	Propiedades químicas	17
2.4.3.1.	Análisis elemental	17
2.4.3.2.	Propiedades biológicas	18
2.4.4.	Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos	18
2.4.4.1.	Alimentación animal	18
2.4.4.2.	Compostaje	19
2.4.4.3.	Lombricultivo	19
2.4.4.4.	Biocombustibles	19
2.4.4.5.	Bocashi	19
2.4.4.6.	Biofertilizante	20
2.4.4.7.	Biofermento	20
2.5.	COMPOSTAJE	20
2.5.1.	Objetivos del compostaje	21
2.5.2.	Proceso de compostaje	21
2.5.2.1.	Compost por digestión aerobia	21
2.5.3.	Fases del proceso de compostaje	22
2.5.3.1.	Mesófila	22
2.5.3.2.	Termófila	22
2.5.3.3.	Enfriamiento	22
2.5.3.4.	Maduración	22
2.5.4.	Características de los grupos fisiológicos que intervienen en la	23

	producción de compost	
2.5.4.1.	Microorganismos eficientes nativos	23
2.5.4.2.	Microorganismos eficientes comerciales	24
2.5.5.	Condiciones del proceso de compostaje	24
2.5.5.1.	Temperatura	24
2.5.5.2.	Humedad	25
2.5.5.3.	pH	25
2.5.5.4.	Oxígeno	26
2.5.5.5.	Nutrientes	26
2.5.5.6.	Tamaño de partículas	26
2.5.5.7.	Relación sólidos volátiles – sólidos totales (SV/ST)	26
2.5.6.	Técnicas de compostaje	26
2.5.6.1.	Compostaje en hilera	27
2.5.6.2.	Pila estática aireada	27
2.5.6.3.	Sistemas de compostaje en reactor	27
2.5.7.	Utilización del compost	30
2.5.8.	Condiciones del compostaje	30
2.6.	MEDIDAS Y MÉTODOS UTILIZADOS PARA VALORAR CANTIDADES DE RESIDUOS SÓLIDOS	31
2.6.1.	Medidas de volumen y peso	31
2.6.2.	Unidades de expresión para las cantidades de residuos sólidos	31
2.7.	ANÁLISIS FINANCIERO	31
2.7.1.	Los costos	31
2.7.1.1.	Costo de producción	31
2.7.1.2.	Costo fijo	32
2.7.1.3.	Costo variable	33
2.7.1.4.	Costo total	33
2.7.1.5.	Rentabilidad	33
2.7.1.6.	Valor actual neto	33
2.7.1.7.	Tasa interna de retorno	33
2.7.1.8.	Plazo de recuperación	33

2.7.1.9.	Relación beneficio/costo	33
----------	--------------------------	----

### **CAPÍTULO III**

3.0.	MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.1.	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO “RELLENO SANITARIO DE ANTONIO ANTE.	34
3.1.1.	Cantón Antonio Ante	34
3.1.1.1.	Parroquia San Roque	35
3.1.2.	Relleno sanitario	36
3.1.2.1.	Características del relleno sanitario	39
3.1.3.	Área de compostaje	40
3.2.	MATERIALES	41
3.3.	METODOLOGÍA	43
3.3.1.	Campaña de educación ambiental	42
3.3.1.1.	Talleres ambientales	42
3.3.1.2.	Festivales ambientales	43
3.3.1.3.	Capacitaciones puerta a puerta	43
3.3.1.4.	Inspecciones a hogares y escuelas sobre la clasificación de los residuos	44
3.3.1.5.	Seguimiento de rutas	45
3.3.1.6.	Educación ambiental en los mercados	45
3.3.2.	Implementación de un espacio exclusivo dentro del relleno sanitario para el manejo técnico de los residuos orgánicos (planta de compostaje)	46
3.3.3.	Sistema de pesaje de los residuos en el relleno sanitario	47
3.3.4.	Análisis de los tratamientos y manejo técnico de la planta de compostaje	48
3.3.4.1.	Manejo de los tratamientos	49
3.3.4.2.	Tiempo de descomposición de los residuos orgánicos	50
3.3.4.3.	Cantidad de abono	50
3.3.4.4.	Calidad del producto	50

3.3.4.5.	Manejo técnico de la planta de compostaje	51
3.3.5.	Análisis financiero para la venta de compost	55
3.3.5.1.	Costo en materiales y equipos	55
3.3.5.2.	Costos de mano de obra	55
3.3.5.3.	Costo fijo	55
3.3.5.4.	Costo variable	56
3.3.5.5.	Costo de producción	56
3.3.6.	Capacitación en la zona rural sobre la clasificación de los residuos	56

## **CAPÍTULO IV**

4.0.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	57
4.1.	EDUCACIÓN AMBIENTAL	57
4.1.1.	Separación en la fuente	58
4.1.2.	Material informativo en el proceso de educación ambiental	58
4.1.3	Recolección diferenciada de residuos orgánicos e inorgánicos	59
4.1.4.	Educación ambiental y manejo de mercados	63
4.1.4.1.	Capacitación a los vendedores de los mercados	63
4.1.4.2.	Dotación de tachos a los mercados	64
4.1.4.3.	Entrega de contenedores a los mercados	64
4.2.	IMPLEMENTACIÓN DE UN ESPACIO EXCLUSIVO DENTRO DEL RELLENO SANITARIO PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS	65
4.3.	SISTEMA DE PESAJE DE LOS RESIDUOS GRACIAS A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA BASCULA	65
4.3.1.	Producción de residuos sólidos en el cantón Antonio Ante	65
4.3.2	Tasa per cápita de los residuos sólidos en Antonio Ante	66
4.3.3.	Ingreso total de los residuos sólidos al relleno sanitario	66
4.3.4.	Promedio de ingreso diario de residuos sólidos al relleno sanitario	67
4.3.5.	Ingreso de residuos orgánicos al relleno sanitario por parroquia	68

4.3.6.	Ingreso mensual de residuos orgánicos por parroquia	69
4.3.7.	Porcentaje de ingreso de residuos orgánicos al relleno sanitario por parroquia	72
4.3.8.	Ingreso de residuos inorgánicos al relleno sanitario por parroquia	73
4.3.9.	Ingreso de residuos orgánicos al relleno sanitario, proveniente de los mercados	74
4.3.10.	Ingreso de residuos inorgánicos al relleno sanitario, proveniente de los mercados	75
4.3.11.	Porcentaje de ingreso de los residuos sólidos al relleno proveniente de los mercados (central y de Andrade Marín)	76
4.3.12.	Tasa de ingreso per cápita al relleno sanitario de Antonio Ante de los residuos sólidos por Parroquia	77
4.3.13.	Cálculo de ingreso per cápita por cantón	79
4.4.	<b>RESULTADOS DE LOS TRATAMIENTOS</b>	80
4.4.1.	Tiempo de descomposición de los tratamientos	80
4.4.2.	Cantidad de compost obtenido	81
4.4.3.	Calidad del producto	82
4.4.4.	Manejo de los residuos orgánicos	84
4.5.	<b>ANÁLISIS FINANCIERO DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE</b>	86
4.5.1.	Análisis económico de la planta de compostaje del relleno sanitario de Antonio Ante incorporando microorganismos comerciales	86
4.5.2.	Cálculo del valor actual neto (VAN)	90
4.5.2.1.	Análisis complementario del VAN	90
4.5.3.	Cálculo de la tasa interna de retorno (TIR)	90
4.5.4.	Cálculo del plazo de recuperación (P de R)	91
4.5.5.	Cálculo de la relación beneficio/costo (B/C)	92
4.6.	Capacitación de la zona rural de San Roque	92

## **CAPÍTULO V**

5.0.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	94
5.1.	CONCLUSIONES	94
5.2.	RECOMENDACIONES	96

## **CAPÍTULO VI**

6.0.	RESUMEN	97
------	---------	----

## **CAPÍTULO VII**

7.0.	SUMMARY	99
------	---------	----

## **CAPÍTULO VIII**

8.0.	BIBLIOGRAFÍA	101
------	--------------	-----

## **CAPÍTULO IX**

9.0.	ANEXOS	105
------	--------	-----

## ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	PÁGINAS
<b>Figura 1.</b> El proceso de compostaje	23
<b>Figura 2.</b> Perfil de temperatura de una pila de compost estática	25
<b>Figura 3.</b> Relación de temperatura óptima y velocidad de crecimiento de un microorganismo	28
<b>Figura 4.</b> Dendrograma de la población microbiana del suelo con respecto a la temperatura	28
<b>Figura 5.</b> Concentración de oxígeno en una pila de compost expresada como porcentaje del aire a 55°C	29
<b>Figura 6.</b> Características del relleno sanitario de Antonio Ante	38
<b>Figura 7.</b> Infraestructura del relleno sanitario de Antonio Ante	38
<b>Figura 8.</b> Principales afectaciones en el relleno sanitario de Antonio Ante	39
<b>Figura 9.</b> Rastreo satelital	60

## ÍNDICE DE CUADROS

CONTENIDO	PÁGINAS
<b>Cuadro 1.</b> Información general del cantón Antonio Ante	34
<b>Cuadro 2.</b> Información general de la parroquia de San Roque	35
<b>Cuadro 3.</b> Coordenadas del relleno sanitario de Antonio Ante	37
<b>Cuadro 4.</b> Coordenadas del área de compostaje	40
<b>Cuadro 5.</b> Materiales y equipos utilizados en la investigación	41
<b>Cuadro 6.</b> Ficha de recolección de datos en el sistema de pesaje	48
<b>Cuadro 7.</b> Manejo de los residuos orgánicos en el invernadero	53
<b>Cuadro 8.</b> Educación ambiental en la parroquia de San Roque	57
<b>Cuadro 9.</b> Beneficio del reciclaje de residuos orgánicos	58
<b>Cuadro 10.</b> Sistema de recolección diferenciada por parroquia	59
<b>Cuadro 11.</b> Recolección de residuos sólidos en la parroquia de San Roque	60
<b>Cuadro 12.</b> Asociaciones del mercado central y de Andrade Marín capacitadas	63
<b>Cuadro 13.</b> Residuos provenientes de Atuntaqui y Andrade Marín	77
<b>Cuadro 14.</b> Residuos sólidos provenientes de San Roque	78
<b>Cuadro 15.</b> Residuos sólidos provenientes de Chaltura	78
<b>Cuadro 16.</b> Residuos sólidos provenientes de Natabuela	78
<b>Cuadro 17.</b> Residuos sólidos provenientes de Imbaya	79
<b>Cuadro 18.</b> Ingreso y generación per cápita - cantón	79
<b>Cuadro 19.</b> Valores medios de composición físico – química del compost	82
<b>Cuadro 20.</b> Obtención de abono mensual de la planta de compostaje	85
<b>Cuadro 21.</b> Inversión en la planta de compostaje	86
<b>Cuadro 22.</b> Costo de producción del compost	86
<b>Cuadro 23.</b> Comunidades de la zona rural capacitadas	92

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

CONTENIDO	PÁGINAS
<b>Grafico 1.</b> Esquema de los elementos que intervienen en compost	21
<b>Grafico 2.</b> Ruta de recolección de residuos sólidos parroquia San Roque	61
<b>Grafico 3.</b> Ruta de recolección de residuos sólidos parroquia de San Roque con calles	62
<b>Grafico 4.</b> Promedio mensual de los residuos sólidos que ingresan al relleno sanitario	67
<b>Grafico 5.</b> Promedio diario de los residuos sólidos que ingresan al Relleno Sanitario	68
<b>Grafico 6.</b> Ingreso mensual de residuos orgánicos al relleno sanitario	69
<b>Grafico 7.</b> Ingreso mensual de residuos orgánicos al relleno sanitario. Parroquia Atuntaqui	70
<b>Grafico 8.</b> Ingreso mensual de residuos orgánicos al relleno sanitario. Parroquia Andrade Marín	71
<b>Grafico 9.</b> Ingreso mensual de residuos orgánicos al relleno sanitario. Parroquia San Roque	72
<b>Grafico 10.</b> Porcentaje de ingreso de residuos orgánicos al relleno sanitario	73
<b>Grafico 11:</b> Promedio de ingreso de residuos inorgánicos al relleno sanitario por parroquia	74
<b>Grafico 12.</b> Ingreso de residuos orgánicos desde los mercados al relleno sanitario	75
<b>Grafico 13.</b> Ingreso de residuos inorgánicos desde los mercados al relleno sanitario	76
<b>Grafico 14.</b> Generación de residuos sólidos en los mercados	77
<b>Grafico 15.</b> Tiempo de descomposición de la materia orgánica	80
<b>Grafico 16.</b> Cantidad de compost obtenido	81
<b>Grafico 17.</b> Manejo de los residuos orgánicos en la planta de compostaje	85

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>CONTENIDO</b>		<b>PÁGINAS</b>
<b>Tabla 1.</b>	Peso específico de los residuos orgánicos	15
<b>Tabla 2.</b>	Contenido de humedad de los residuos orgánicos	16
<b>Tabla 3.</b>	Datos típicos sobre análisis elemental del material combustible presente en los residuos sólidos domésticos	17
<b>Tabla 4.</b>	Comparación entre el proceso del compostaje y el bocashi	20
<b>Tabla 5.</b>	Condiciones ideales para el compostaje	30
<b>Tabla 6.</b>	Distribución de barrios en la parroquia de San Roque	36
<b>Tabla 7:</b>	Distancia en Kilómetros de las comunidades a la cabecera cantonal	36
<b>Tabla 8:</b>	Separación de la fracción orgánica del Relleno Sanitario	93

## ÍNDICE DE ANEXOS

CONTENIDO	PÁGINAS
<b>Anexo 1:</b> Mapa de ubicación de la parroquia de San Roque	105
<b>Anexo 2:</b> Mapa de catastros de San Roque	106
<b>Anexo 3:</b> Plano de San Roque	107
<b>Anexo 4:</b> Mapa de ubicación del relleno sanitario	108
<b>Anexo 5:</b> Plano del relleno sanitario	109
<b>Anexo 6:</b> Mapa base del relleno sanitario	110
<b>Anexo 7:</b> Mapa base planta de compostaje	111
<b>Anexo 8:</b> Mapa área de influencia del relleno sanitario	112
<b>Anexo 9:</b> Flujograma metodología aplicada	113
<b>Anexo 10:</b> Fotografías educación ambiental	114
<b>Anexo 11:</b> Fotografías implementación planta de compostaje	117
<b>Anexo 12:</b> Fotografías sistema de pesaje	118
<b>Anexo 13:</b> Fotografías del manejo de los tratamientos y las pilas de compostaje	119
<b>Anexo 14:</b> Fotografías capacitación en la zona rural	121
<b>Anexo 15:</b> Registro de familias capacitadas en la parroquia de San Roque	122
<b>Anexo 16:</b> Fotografías del material utilizado en las campañas ambientales	123
<b>Anexo 17:</b> Registros de capacitación en los mercados	124
<b>Anexo 18:</b> Fotografía de entrega de contenedores y tachos a los mercados	125
<b>Anexo 19:</b> Plano de la planta de compostaje	126
<b>Anexo 20:</b> Manual de trabajo en la planta de compostaje	127
<b>Anexo 21:</b> Manual sobre pesaje de los residuos en el relleno sanitario	128
<b>Anexo 22:</b> Resultado de los tratamientos	129
<b>Anexo 23:</b> Documentos de adquisición de los equipos	130
<b>Anexo 24:</b> Flujograma del manejo integral de los residuos orgánicos	131
<b>Anexo 25:</b> Modelo de la tesis “Manejo Integral de los residuos orgánicos del relleno sanitario de Antonio Ante	132

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

El incremento de la población humana y los procesos de transformación industrial (globalización) que genera una cultura consumista, son los principales causantes de la generación de residuos sólidos.

Esta problemática ha llevado a la aplicación de tecnologías apropiadas para la disposición final de residuos sólidos que permitan un control racional de los impactos producidos por los residuos, sin que se ponga en alto riesgo el medio ambiente y la salud pública.

El Gobierno Autónomo Descentralizado de Antonio Ante (GADAA), con base en esta problemática ha venido diseñando e implementando nuevas políticas tendientes a la gestión integral de los residuos sólidos; en este sentido firmó un convenio con la Unión Europea (UE) para trabajar en el manejo de los residuos sólidos, lo cual se puede materializar mediante el proyecto “MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS” que viene ejecutando.

Dentro del proyecto “MGIRS”, se trabaja en varios ámbitos: educación ambiental, manejo de los residuos orgánicos, manejo de residuos biopeligrosos, creación y manejo del centro de interpretación ambiental, manejo de lixiviados, entre otros.

Los residuos sólidos orgánicos constituyen cerca del 70% del volumen total de desechos generados, por tal motivo se busca una salida integral que contribuya al manejo adecuado, potenciando los productos finales de éstos procesos (compost) y minimizando un gran número de impactos ambientales que conlleven a la sostenibilidad de los recursos naturales.

Una de las técnicas más usadas en los últimos años para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos es el compostaje el cuál se define como descomposición de residuos orgánicos por la acción microbiana, cambiando la estructura molecular de los mismos.

Antonio Ante posee una población aproximada de 44.426 habitantes (2012); los cuáles generan diariamente 26 toneladas de basura. De estas 26 toneladas el 55,55% corresponden a residuos de tipo orgánico; sin embargo, los procesos emprendidos en la temática de manejo de estos han sido escasos (PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL GADAA, 2007).

Por tal motivo y con el propósito de aportar con los resultados del proyecto “MGIRS”, se propuso el tema de tesis “Manejo integral de los residuos orgánicos del relleno sanitario de Antonio Ante, provincia de Imbabura”, que a más de responder a las principales necesidades de los beneficiarios (Plan estratégico de desarrollo cantonal), encaja plenamente con el Plan Nacional de Desarrollo, amparado directamente en la “Política 4.7. “Prevenir y controlar la contaminación ambiental, como aporte para el mejoramiento de la calidad de vida, a través del desarrollo de estrategias de descontaminación, mejoramiento de controles de calidad ambiental, y el establecimiento de estándares ambientales aplicables”. Cuya finalidad es manejar de manera completa los residuos orgánicos que se generan en el cantón Antonio Ante y que ingresan al relleno sanitario, desde los procesos de generación en la fuente, hasta el proceso final de obtención y comercialización de compost por manejo del mismo.

El hacer ingeniería de algo tan vulgar como la basura exige reflexión y un análisis sistemático de los diferentes conceptos, términos y elementos. La planificación e ingeniería de las unidades de gestión de residuos sólidos comprende factores sociales, políticos y técnicos, los cuales se los llevan a cabalidad en el Gobierno Autónomo Descentralizado de Antonio Ante.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1. OBJETIVO GENERAL**

Realizar el manejo integral de los residuos orgánicos en el Cantón Antonio Ante mediante la implementación de diferentes métodos para promover la separación en la fuente, el reciclado, la transformación, el aprovechamiento y la comercialización de estos residuos.

### **1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar campañas de Educación Ambiental en los hogares, en las escuelas y en los barrios de la parroquia de San Roque; así como también en los dos mercados principales del cantón (Atuntaqui y Andrade Marín), para promover una cultura de clasificación de los residuos orgánicos e inorgánicos.
- Implementar un espacio exclusivo dentro del Relleno Sanitario para el manejo técnico de los residuos orgánicos (planta de compostaje).
- Determinar a través del pesaje de los residuos, la tasa per cápita de residuos orgánicos que ingresan al relleno sanitario, además el porcentaje de ingreso de residuos orgánicos e inorgánicos por parroquia.
- Determinar el tratamiento más eficiente de descomposición de la materia orgánica e implementar este tratamiento en el manejo técnico de toda la planta de compostaje.
- Realizar un análisis financiero de la planta de compostaje.
- Capacitar a las comunidades rurales de San Roque sobre el proceso de elaboración del compost *in situ* para sus terrenos.

## 1.2. HIPOTESIS

Ho:  $H_1 = H_2$  Tratamiento 1 es igual al tratamiento 2

Ha:  $H_1 \neq H_2$  Tratamiento 1 es diferente al tratamiento 2

## **CAPÍTULO II**

### **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

En este capítulo se presenta una revisión de los conceptos básicos que vinculan y fundamentan esta investigación, son provenientes de investigaciones afines extraídas de libros, revistas, páginas electrónicas y documentos especializados acerca del Manejo Integral de los Residuos Sólidos.

#### **2.1. ANTECEDENTES**

En tiempos pasados, la evacuación de los residuos sólidos no planteaba un mayor problema, la población era pequeña y la cantidad de terreno disponible para la asimilación de los residuos era grande. Actualmente se ha dado énfasis en la recuperación de los contenidos energéticos y uso como fertilizantes de los residuos sólidos, el campesino en el pasado probablemente hizo mayores y mejores intentos en esta cuestión.

La problemática de los residuos ocupa un lugar prioritario y los sectores públicos y privados demandan actividades tendientes a minimizar los perjuicios medioambientales de los procesos productivos e industriales.

Como un derecho Constitucional de todas las personas a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación; constituye una de las prioridades del Gobierno Autónomo Descentralizado de Antonio Ante (GADAA) dar solución a los principales problemas ambientales del Cantón especialmente el manejo adecuado de los residuos sólidos. La municipalidad firmó un convenio con la Unión Europea para trabajar en beneficio del medio ambiente creándose el Proyecto “MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS”.

##### **2.1.1. Ordenanza municipal para el manejo de los desechos sólidos**

En el Año 2007 la Municipalidad de Antonio Ante Emitió una ordenanza referente al manejo de Residuos Sólidos. “ORDENANZA PARA LA RECOLECCIÓN, ENTREGA, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS”. En la cual

manifiesta las obligaciones y derechos de los ciudadanos en lo referente a los residuos sólidos y entre los puntos más destacados tenemos.

- **Art. 1.-** Las comunidades rurales deben disponer los desechos orgánicos en composteras en sus propiedades para elaboración de abono orgánico o como alimento para animales, en tanto que los desechos inorgánicos se entregarán al carro recolector para lo cual se identificarán sitios estratégicos de recolección.
- **Art. 4.-** La clasificación domiciliaria de los desechos sólidos en orgánicos e inorgánicos es obligatoria, para lo cual se trabajará con los barrios o sectores urbanos incrementando periódicamente el porcentaje de población con recolección diferenciada dependiendo de la disponibilidad de recursos humanos y económicos.
- **Art. 5.-** El manejo y aprovechamiento de los desechos sólidos debe orientarse a la reducción en la generación de desechos en cantidad y toxicidad como también clasificación y reutilización.
- **Art.11.- Desechos Orgánicos.-** Son todos aquellos desechos provenientes de cosas originalmente vivas, orgánicas, de uso doméstico y de jardines, que por su composición permite la descomposición a corto plazo, lo que facilita el aprovechamiento en la transformación de “Abonos Orgánicos”. Los mismos que pueden ser: Desechos de cocina, cascarones, cortezas, restos de frutas y legumbres y hierbas de jardín.
- **Art. 13.-** Es obligación de los moradores de los barrios urbanos, barrios periféricos y comunidades incorporarse al sistema de clasificación domiciliaria de los desechos sólidos. Por lo tanto, todo ciudadano que genera desechos sólidos está en la obligación de almacenar en forma separada y limpia.

Las infracciones a esta disposición serán sancionadas con multa que fluctúa entre 10,00 y 90,00 USD, dependiendo de la gravedad de la falta. En base a lo siguiente: Leve: 10,00 USD; Media: 45,00 USD; Grave: 90,00 USD.

## **2.2. EDUCACIÓN AMBIENTAL**

La Educación Ambiental es un proceso continuo que cada vez demanda de compromiso y cambio de actitud de todas las personas que habitan en el planeta, respetando sobre todo su entorno para vivir en armonía con la naturaleza (SOTOMAYOR AZUCENA; 2010).

Lo importante para la Educación Ambiental y para sus propósitos es que las comunidades se apropien de sus proyectos y los inserten en sus planes de desarrollo y en sus propias dinámicas locales y que cada ciudadano sienta que es responsable de la generación de residuos y se cuestione que debe hacer con ellos, como minimizar esa cantidad que él mismo produce.

Es aquí donde la educación ambiental tiene que entrar con un programa educativo ambiental que genere impacto reflexivo en la comunidad, ya que este es un problema transversal a todos los sectores.

Este es el primer paso e incluso el más importante para que la integralidad de procesos que comprenden la gestión integral de los residuos sólidos se lleve de una manera adecuada y en sostenibilidad con el medio ambiente (REVISTA IBEROAMERICANA DE EDUCACIÓN; 2008).

### **2.2.1. La Educación ambiental en el cantón Antonio Ante**

La educación ambiental puede desempeñar un papel importante en la solución de aquellos problemas causados por la actuación humana y que cambiando primero nuestros propios comportamientos y algo en las personas, la situación puede mejorar; identificando en este proceso de cambio que el mayor problema que tenemos que enfrentar es nuestra falta de identidad (PLAN DE EDUCACIÓN AMBIENTAL DEL GADAA).

En el Plan de Educación Ambiental del cantón Antonio Ante, el objetivo principal es “lograr que la población del cantón Antonio Ante tenga conciencia del ambiente y se interese por él, por sus problemas y que cuente con los conocimientos, aptitudes, actitudes, motivación y deseos necesarios para trabajar individual y colectivamente en la búsqueda de soluciones a los problemas actuales, para de esta forma prevenir los que pudieran aparecer en lo sucesivo”.

Uno de los graves problemas que enfrenta actualmente la población Anteña es la cantidad de desechos sólidos que se produce a diario. Asumimos una política de “consumo

irresponsable” que nos hace perder la cabeza, al punto de crear y brindarnos las ofertas más locas y atrevidas que “supuestamente facilita la dinámica de nuestras vidas”; hablamos por ejemplo de consumir comida enlatada – pre cocinada o envasada en empaques de espumaflex que determinan la cantidad y la calidad de comida que llevaremos a casa, ropa de poliéster de usar y botar, el uso exagerado de funditas para todo producto, inclusive los que ya vienen en empaques, entre otros. (PEAAA)

Para crear la cultura de un adecuado Manejo de los Desechos Sólidos desde temprana edad en la población de Antonio Ante, el municipio a través de su proyecto “Gestión Integral de los residuos sólidos” planea llevar a cabo la colocación de puntos de captación de materiales en diversos lugares estratégicos que involucran a la población seleccionada para esta experiencia.

La educación ambiental es un proceso que genera compromiso ético con la vida y con la gente con el objetivo de tener una vida sana, activa participación de los grupos metas, interés poblacional por el manejo de los desechos sólidos, instaurar nuevas prácticas ambientales en la población.

## **2.3. RESIDUOS SÓLIDOS**

Son todos los residuos que surgen de las actividades humanas y animales, que normalmente son sólidos y que se desechan como inútiles o no queridos. Por sus propiedades intrínsecas, los materiales de los residuos desechados a menudo son reutilizables y se pueden considerar como un recurso en otro marco (TCHOBANOGLIOUS; THEISEN; VIGIL; 1997).

Los residuos sólidos incluyen todos los materiales sólidos o semisólidos que el poseedor ya no considera de suficiente valor como para ser retenidos.

### **2.3.1. Gestión de residuos sólidos**

Gestión de residuos sólidos puede ser definida como la disciplina asociada al control de la generación, almacenamiento, recogida, transferencia y transporte, procesamiento y evacuación de residuos sólidos (TCHOBANOGLIOUS; THEISEN; VIGIL; 1997).

### 2.3.2. Clasificación de los residuos sólidos

Los residuos se pueden clasificar de varias formas, tanto por estado, origen o por el tipo de manejo que se les debe dar (FORTUNECITYS; 2000).

#### 2.3.2.1. Clasificación por estado

Se los clasifica según el estado físico en que se encuentre. Por lo tanto, se clasifican en: Sólidos, Líquidos y Gaseosos. El alcance real de esta clasificación puede fijarse en términos meramente descriptivos o según la forma de manejo asociado.

#### 2.3.2.2. Clasificación por origen

Se clasifica según la actividad que lo origine, esencialmente es una clasificación sectorial. Según esta clasificación, los tipos de residuos más importantes son:

- **Residuos sólidos urbanos:** Los que componen la basura doméstica; la generación de residuos varía en función de factores culturales asociados a los niveles de ingreso, hábitos de consumo, desarrollo tecnológico y estándares de calidad de vida de la población.
- Los sectores de más altos ingresos generan los mayores volúmenes per cápita de los residuos, y estos residuos tienen un mayor valor incorporado que los provenientes de sectores más pobres de la población. Estos a su vez se clasifican en:
  - a) **Residuos industriales:** La cantidad de residuos que genera una industria en función de la tecnología del proceso productivo, calidad de las materias primas o productos intermedios, propiedades físicas y químicas de las materias auxiliares empleadas, combustibles utilizados y los envases y embalajes del proceso. Dentro de los residuos que genera la industria es conveniente diferenciar entre:
    - b) **Inertes:** son los escombros y materiales similares. Es un residuo estable en el tiempo, el cual no producirá efectos ambientales apreciables al interactuar en el medio ambiente. También se incluyen algunos residuos similares a los residuos sólidos urbanos: Restos de comedores, oficinas, etc.
    - c) **Residuos radioactivos:** Materiales que emiten radioactividad.

- d) **Residuos tóxicos y peligrosos:** Los que entran dentro de las características especificadas por las diferentes normas medioambientales. Este grupo de residuos exige un proceso de tratamiento, recuperación o eliminación específica.
- e) **Residuos mineros:** Materiales que son removidos para ganar acceso a los minerales y todos los residuos provenientes de los procesos mineros.
- f) **Residuos hospitalarios:** Restos del trabajo clínico o de investigación. Los residuos son generalmente esterilizados y enviados en el carro recolector específico de estos residuos, los cuales se almacenan en una celda específica para estos.

### 2.3.2.3. Clasificación por tipo de manejo

Se puede clasificar un residuo por presentar alguna característica asociada al manejo que debe ser realizado, así:

- **Residuo peligroso:** Residuos que por su naturaleza son inherentemente peligrosos de manejar y/o disponer y pueden causar muerte, enfermedad; o que son peligrosos para la salud o el medio ambiente cuando son manejados en forma inapropiada.
- **Residuo inerte:** Residuo estable en el tiempo, el cual no producirá efectos ambientales apreciables al interactuar en el medio ambiente.

### 2.3.3. Problemas ambientales en el vertido de residuos sólidos

Estos problemas están relacionados con:

- El escape incontrolado de los gases del relleno, que pueden migrar fuera del lugar y causar olores y otras condiciones potencialmente peligrosas.
- El impacto de la descarga de los gases del relleno sobre el efecto invernadero en la atmósfera.
- La salida incontrolada del lixiviado, que puede migrar hacia aguas subterráneas o superficiales.
- La reproducción de vectores sanitarios en rellenos incorrectamente gestionados.

- Los impactos sobre la salud y el ambiente relacionados con el escape de gases en cantidades traza que surgen a partir de materiales peligrosos, que fueron colocados en el pasado dentro del relleno.

La finalidad de un relleno moderno es eliminar o minimizarlos impactos asociados a estos problemas (TCHOBANOGLIOUS; THEISEN; VIGIL; 1997).

#### **2.3.3.1. Producción de olores**

Sin un control correcto del proceso de compostaje la producción de olores puede convertirse en un problema, especialmente en el compostaje en hileras. Está justificado el decir que cada instalación de compostaje existente ha tenido un problema de olores, y en algunos casos numerosos problemas. Como consecuencia, la localización de la instalación, el diseño del proceso y la gestión biológica de olores son de una importancia crítica (TCHOBANOGLIOUS; THEISEN; VIGIL; 1997).

#### **2.3.3.2. Localización de la instalación**

Algunas cuestiones importantes en la localización relacionadas con la producción y el movimiento de olores, incluyen una correcta atención a los microclimas locales porque afectan a la disipación de olores, el uso de zonas adecuadas de seguridad y el uso de instalaciones partidas (distintos lugares para compostaje y maduración) (TCHOBANOGLIOUS; THEISEN; VIGIL; 1997).

#### **2.3.3.3. Diseño y operación del proceso correctos**

Un diseño y una operación correcta son muy importantes para minimizar la potencial producción de olores. Si las operaciones de compostaje van a tener éxito, se debe proporcionar una atención especial a los siguientes temas: preprocesamiento, necesidades de aireación, control de temperatura, y necesidades de volteo (mezcla). Las instalaciones utilizadas para preparar los materiales residuales para el compostaje deben ser capaces de mezclar completamente y eficazmente cualquier aditivo necesario, como por ejemplo nutrientes, inóculos (si se utilizan) y humedad, con el material residual que se va a fermentar. (TCHOBANOGLIOUS; THEISEN; VIGIL; 1997).

#### **2.3.3.4. Gestión biológica de olores**

Como los problemas de olores ocasionales son imposibles de eliminar, se debe prestar una atención especial a los factores que puedan afectar a la producción biológica de olores. Las causas de los olores en las operaciones de compostaje incluyen bajas relaciones carbono-nitrógeno (C/N), pobre control de temperatura, humedad excesiva y un volteo pobre. Por ejemplo, en las operaciones de compostaje donde no se voltea el compost y no se controla la temperatura, el compost en el centro de la pila fermentándose puede llegar a ser pirolizado. Cuando se mueve posteriormente la pila fermentándose, los olores emitidos procedentes del compost pirolizado son extremadamente severos. (TCHOBANOGLIOUS; THEISEN; VIGIL; 1997).

#### **2.3.3.5. Cuestiones de salud pública**

Si no se conduce correctamente la operación de compostaje existe la posibilidad de que los organismos patógenos sobrevivan en el proceso de compostaje. La ausencia de organismos patógenos es crítica si se va a vender el producto para usos en aplicaciones donde el público estará expuesto al compost. Aunque el control de patógenos puede lograrse fácilmente con una correcta operación del proceso de compostaje, no todas las operaciones de compostaje son instrumentadas suficientemente para permitir la producción fiable de compost libre de patógenos. En general, la mayoría de los organismos encontrados en los RSU y en otros materiales orgánicos utilizados en el compostaje serán destruidos a las temperaturas y los tiempos de exposición utilizados en operaciones de compostaje controladas (normalmente 55°C durante 15 o 20 días) (TCHOBANOGLIOUS; THEISEN; VIGIL; 1997).

#### **2.3.3.6. Calidad del producto**

La calidad del producto para la fabricación de compost se puede definir en términos de contenido nutricional, contenido orgánico, pH, textura, distribución del tamaño de las partículas, contenido de humedad, capacidad de retención de humedad, presencia de materias extrañas, concentración de sales, olores residuales, grado de estabilización o maduración. Presencia de organismos patógenos y concentración de metales pesados (TCHOBANOGLIOUS; THEISEN; VIGIL; 1997).

Desafortunadamente, en la actualidad, no hay un acuerdo universal sobre los valores idóneos para estos parámetros. Esta falta de acuerdo ha sido y sigue siendo el mayor impedimento para el desarrollo de un compost uniforme entre localizaciones. Si el compost va a tener una amplia aceptación, se deben resolver las cuestiones que afectan a la salud pública de una forma satisfactoria.

## **2.4. RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS**

Son aquellos residuos que provienen de restos de productos de origen orgánico, la mayoría de ellos son biodegradables (se descomponen naturalmente). Se pueden desintegrar o degradar rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica. Ejemplo: los restos de comida, frutas y verduras, carne, huevos, etcétera, o pueden tener un tiempo de degradación más lento, como el cartón y el papel. Se exceptúa de estas propiedades al plástico, porque a pesar de tener su origen en un compuesto orgánico, posee una estructura molecular más complicada (FLORES, D; 2000).

### **2.4.1. Clasificación de los residuos sólidos orgánicos**

Existen muchas formas de clasificación de los residuos sólidos orgánicos, sin embargo, las dos más conocidas están relacionadas con su fuente de generación y con su naturaleza y/o características físicas.

#### **2.4.1.1. Según su fuente de generación**

Los residuos sólidos orgánicos según su fuente se clasifican en:

- **Residuos provenientes del barrido de las calles:** Su contenido es muy variado, sus posibilidades de aprovechamiento son limitadas por la dificultad que representa llevar adelante el proceso de separación física.
- **Residuos institucionales:** Provenientes de instituciones públicas y privadas. Se caracteriza mayormente por contener papeles y cartones y también residuos de alimentos provenientes de los comedores institucionales.
- **Residuos de mercados:** Son aquellos residuos provenientes de mercados de abastos y otros centros de venta de productos alimenticios. Es una buena fuente para el

aprovechamiento de orgánicos y en especial para la elaboración de compost y fertilizante orgánico.

- **Residuos de origen comercial:** Residuos provenientes de los establecimientos comerciales, entre los que se incluyen tiendas y restaurantes. Estos últimos son la fuente con mayor generación de residuos orgánicos debido al tipo de servicio que ofrecen como es la venta de comidas.
- **Residuos domiciliarios:** Residuos provenientes de hogares, cuya característica puede ser variada, pero que mayormente contienen restos de verduras, frutas, residuos de alimentos preparados, podas de jardín y papeles. Representa un gran potencial para su aprovechamiento en las ciudades del país (FLORES, D; 2000).

#### 2.4.1.2. Según su naturaleza y/o característica física

Los residuos sólidos orgánicos según su naturaleza y/o característica física se clasifican en:

- **Residuos de alimentos:** Son restos de alimentos que provienen de diversas fuentes, entre ellas: restaurantes, comedores, hogares y otros establecimientos de expendio de alimentos.
- **Estiércol:** Son residuos fecales de animales (ganado) que se aprovechan para su transformación en bio-abono o para la generación de biogás.
- **Restos vegetales:** Son residuos provenientes de podas o deshierbe de jardines, parques u otras áreas verdes; también se consideran algunos residuos de cocina que no han sido sometidos a procesos de cocción como legumbres, cáscara de frutas, etc.
- **Papel y cartón:** son residuos con un gran potencial para su reciclaje pero que no materia de desarrollo en éste trabajo.
- **Cuero:** son residuos mayormente derivados de artículos de cuero en desuso. (FLORES, D; 2000).

## 2.4.2. Propiedades Físicas

### 2.4.2.1. Peso específico

Es el peso de un material por unidad de volumen ( $\text{kg/m}^3$ ). El peso específico de los residuos es útil para estimar el volumen de generación de residuos ( $\text{Tn/día}$ ), grado de compactación que se puede aplicar sobre los residuos y para determinar el área necesaria para la conformación de las hileras de compostaje.

**Tabla 1:** Peso específico de los residuos orgánicos.

Tipos de residuos	P. Específico ( $\text{kg/m}^3$ )		Cont. Humedad, porcentaje en Peso	
	RANGO	TIPICO	RANGO	TIPICO
<b>Residuos de comida (mezclados)</b>	131-481	291	50-80	70
<b>Residuos de Jardín</b>	59-225	101	30-80	60
<b>Hojas (sueltas y secas)</b>	30-148	59	20-40	30
<b>Hierba verde (suelta y húmeda)</b>	208-297	237	40-80	60
<b>Hierba verde (húmeda y compactada)</b>	593-831	593	50-90	80
<b>Residuos de comida (húmedos)</b>	475-950	540	50-80	70
<b>Agrícolas (mezclados)</b>	400-751	561	40-80	50
<b>Residuos de frutas.</b>	249-751	359	60-90	75
<b>Residuos de vegetales.</b>	202-700	359	60-90	75

Fuente: Tchobanoglous; Theisen; Vigil; 1997.

### 2.4.2.2. Contenido de humedad

El contenido de humedad de los residuos se expresa en el método de medición peso-húmedo, consiste en expresar la humedad de una muestra como un porcentaje en peso del material húmedo, es decir por diferencia de pesos se determina la cantidad de agua que se

ha perdido por efecto de la evaporación en la estufa a 105°C, y este dato se reporta en porcentaje (TCHOBANOGLIOUS; THEISEN; VIGIL; 1997).

Peso húmedo se expresa:

$$M = (w-d/w)*100$$

Donde:

M= Contenido de humedad (%)

w= Peso inicial de la muestra. (Kg)

d= Peso de la muestra después de secarse a 105°C.

**Tabla 2:** Contenido de humedad de los residuos orgánicos.

<b>Componente</b>	<b>Porcentaje en Peso</b>	<b>Contenido de humedad Porcentaje</b>	<b>Peso seco (Kg)</b>
<b>Residuos de comida</b>	9,0	70	2,7
<b>Residuos de jardín</b>	18,5	60	7,4
<b>Madera</b>	2,0	20	1,6

Fuente: Tchobanoglous; Theisen; Vigil; 1997.

#### 2.4.2.3. Tamaño de la partícula

Influye en el tiempo de descomposición de los materiales; al ser los residuos de menor tamaño aumentan el área superficial que favorecen la actividad microbiana. (TCHOBANOGLIOUS, 1997). El tamaño ideal de los residuos triturados a ser compostados debe ser menor a 1 cm (MUÑOZ, 2008).

#### 2.4.2.4. Capacidad de campo

Es la cantidad total de humedad que puede ser retenida por una muestra de residuos sometida a la acción de la gravedad. Es de importancia para determinar la generación de lixiviados en composteras y en vertederos controlados. Varía en función al grado de presión aplicada y al estado de descomposición del residuo (TCHOBANOGLIOUS, 1997, MUÑOZ, 2008).

#### 2.4.2.5. Permeabilidad de los residuos

Determina el transporte de líquidos dentro de un vertedero controlado y plantas de compostaje. Depende de la compactación y peso específico de los residuos (TCHOBANOGLOUS, ET AL., 1997).

#### 2.4.3. Propiedades químicas

Si la materia orgánica se va a compostar, es importante tener información sobre los elementos mayoritarios que componen los residuos y de la información sobre los elementos en cantidades traza que se encuentran en los residuos. El análisis químico para los residuos orgánicos en general incluye. (JARAMILLO G., Y ZAPATA L., 2008).

- Humedad (pérdida de humedad cuando se calienta a 105°C durante una hora).
- Materia volátil combustible (pérdida de peso adicional con la ignición a 950°C).
- Carbono fijo (rechazo combustible dejado después de retirar la materia volátil).

##### 2.4.3.1. Análisis elemental de los componentes orgánicos

Normalmente implica la determinación del porcentaje de C,H,O,N,S y ceniza.

Los resultados del análisis elemental sirven para caracterizar la composición química de la materia orgánica. También se usan para definir la mezcla correcta de materiales residuales necesaria para conseguir relaciones C/N apta para los procesos de conversión biológica (TCHOBANOGLOUS, G., THEISEN, H., Y VIGIL, S., 1997).

**Tabla 3.** Análisis del material combustible presente en los residuos sólidos domésticos

Porcentaje en peso (base seca)						
Tipos de residuos	C	H	O	N	S	Ceniza
Grasas	73,0	11,5	14,8	0,4	0,1	0,2
Residuos de Comida (mezclados)	48,0	6,4	37,6	2,6	0,4	5,0
Residuos de Fruta	48,5	6,2	39,5	1,4	0,2	4,2
Residuos de carne	59,6	9,4	24,7	1,2	0,2	4,9
Residuos de jardín	46,0	6,0	38,0	3,4	0,3	6,3

Fuente: Tchobanoglous; Theisen; Vigil, 1997.

### **2.4.3.2. Propiedades biológicas**

La característica más importante de la materia orgánica, es que casi todos los componentes orgánicos pueden ser convertidos biológicamente en gases y sólidos orgánicos e inorgánicos relativamente inertes. La producción de olores y la generación de moscas están relacionadas también con la naturaleza putrefactible de los materiales orgánicos (TCHOBANOGLOUS; THEISEN; VIGIL; 1997).

### **2.4.4. Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos**

Se entiende al aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos como el conjunto de fases sucesivas de un proceso, cuando la materia inicial es un residuo, entendiéndose que el procesamiento tiene el objetivo económico de valorizar el residuo u obtener un producto o subproducto utilizable.

El aprovechamiento debe realizarse siempre y cuando sea económicamente viable, técnicamente factible y ambientalmente conveniente. De modo tal, que las normas y acciones orientadas hacia los residuos aprovechables deben tener en cuenta lo siguiente:

- Se trata de materia prima con valor comercial, en consecuencia sujeta a las leyes del mercado y consideradas como insumo.
- Su destino es el aprovechamiento ya sea de manera directa o como resultado de procesos de tratamiento, reutilización, reciclaje, producción de bioabono, generación de biogás, compostaje, producción de energía, entre otros.
- La calificación de residuo aprovechable debe darse teniendo en cuenta que exista un mercado para el residuo, en el cual están comprometidos los generadores de las materias primas y de los productos finales. (JARAMILLO G., Y ZAPATA L; 2008).

#### **2.4.4.1 Alimentación animal**

En muchas partes de Antonio Ante, principalmente en las zonas rurales, algunos pobladores separan la fracción orgánica generada en el inmueble para la alimentación de animales, en su mayoría ganado y cerdos. Los residuos orgánicos tienen un alto contenido en humedad lo que implica dificultades para el almacenamiento, el consumo debe ser rápido con el fin de evitar problemas de fermentación ó descomposición del mismo.

#### **2.4.4.2. Compost**

Es una forma eficaz de reducir el volumen y alterar la composición física de los residuos sólidos y a la vez producir un subproducto útil. Es un proceso biológico de descomposición de compuestos orgánicos hasta la formación de un producto estable y rico en sustancias húmicas (SOTO G., MUÑOZ C; 2002).

#### **2.4.4.3. Lombricultivo**

La lombricultura es la técnica de criar lombrices en cautiverio, logrando obtener una rápida y masiva producción y crecimiento en espacios reducidos, utilizando para su alimentación materiales biodegradables de origen agrícola, pecuario, industrial y casero, produciendo como resultado la transformación de los desechos en biomasa y humus (abono orgánico) de alta calidad. Las heces de la lombriz (humus) son ricas en nutrientes. (SOTO; 2003).

#### **2.4.4.4. Biocombustibles.**

Es cualquier tipo de combustible líquido, sólido o gaseoso, proveniente de la biomasa (materia orgánica de origen animal o vegetal). Este término incluye.

- Bioetanol (o alcohol carburante).
- Metanol.
- Biodiesel.
- Diesel fabricado mediante el proceso químico de Fischer-Tropsh.
- Combustibles gaseosos, como metano o hidrógeno.

#### **2.4.4.5. Bocashi**

Receta japonesa mediante la cual aprovechan los residuos orgánicos de una forma similar al compostaje, el producto final se denomina también abono orgánico, la técnica es a través de volteos frecuentes y temperaturas por debajo de los 45-50 °C, hasta que la actividad microbiana disminuye al disminuir la humedad del material. Se considera un proceso de compostaje incompleto. Algunos autores lo han considerado un abono orgánico “fermentado”, sin embargo es un proceso enteramente aeróbico (RESTREPO; 1996).

**Tabla 4.** Comparación entre el proceso del compostaje y el bocashi.

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>COMPOST</b>	<b>BOCASHI</b>
<b>Producto Final</b>	Sustancias Húmicas	Materia orgánica en descomposición
<b>Temperaturas Máximas</b>	65 - 70°C	45 - 50°C
<b>Humedad</b>	60% durante todo el proceso	Inicial 60% desciende rápidamente
<b>Frecuencia del Volteo</b>	Regida por temperatura y CO <sup>2</sup>	Una o dos veces al día
<b>Duración del Proceso</b>	De 1 a 2 meses	De 1 a 2 semanas

Fuente: Soto, G; 2003.

#### **2.4.4.6. Biofertilizantes**

Son fertilizantes que aumentan el contenido de nutrientes en el suelo o que aumentan la disponibilidad de los mismos. Entre éstos es más conocido es el de bacterias fijadoras de nitrógeno como *Rhizobium*, pero también se pueden incluir otros productos como micorrizas, fijadoras de nitrógeno no simbióticas, etc. (SOTO; 2003).

#### **2.4.4.7. Biofermentos**

Son fertilizantes en su mayoría foliares, que se preparan a partir de la fermentación de materiales orgánicos. Son de uso común los biofermentos a base de excretas de ganado vacuno, o biofermentos de frutas (SOTO; 2003).

### **2.5. COMPOSTAJE**

Es un proceso natural y biooxidativo, en el que intervienen numerosos y variados microorganismos aerobios que requieren una humedad adecuada y sustratos orgánicos heterogéneos en estado sólido, implica el paso por una etapa termófila dando al final como producto de los procesos de degradación de dióxido de carbono, agua y minerales, como también una materia orgánica estable, libre de patógenos y disponible para ser utilizada en la agricultura como abono acondicionador de suelos si que cause fenómenos adversos (ARROYAVE, S; VAHOS, M; 1999).

### 2.5.1. Objetivos del compostaje

- Transformar materiales orgánicos biodegradables en material biológicamente estable, y en el proceso reducir el volumen original de los residuos.
- Destruir patógenos, y otros organismos no requeridos que pueden estar presentes en los RS y retener el máximo contenido nutricional (nitrógeno, fosforo y potasio).
- Elaborar un producto que se pueda utilizar para soportar el crecimiento de plantas y como enmienda del suelo (JARAMILLO G., Y ZAPATA L., 2008).

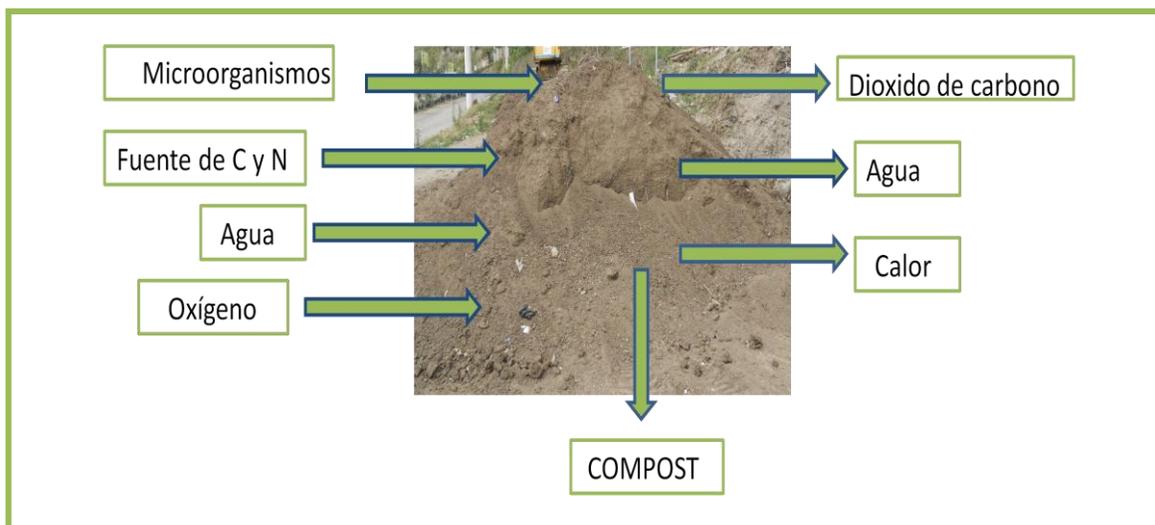
### 2.5.2. Proceso de compostaje

Existen diversas alternativas para el tratamiento de los residuos orgánicos generados en las ciudades. Dentro de estos existen procesos biológicos como el compost por digestión aerobia y el compost por digestión anaerobia. (JARAMILLO G., Y ZAPATA L., 2008).

#### 2.5.2.1. Compost por digestión aerobia

Se define como una oxidación biológica que ocurre bajo condiciones controladas de humedad, temperatura y aireación. Los microorganismos, utilizan el carbono y nitrógeno disponibles en los residuos orgánicos, liberando energía por la actividad metabólica y produciéndose gracias a una serie de reacciones bioquímicas, agua, anhídrido carbónico, sales minerales y calor (JARAMILLO G., Y ZAPATA L., 2008).

**Grafico 1.** Esquema de los elementos que intervienen en compost.



### **2.5.3. Fases del compostaje**

JARAMILLO, 15; enuncia cuatro (4) fases durante el proceso del compostaje, las cuales se describen a continuación.

**2.5.3.1. Mesófila:** Es la primera fase y se caracteriza por la presencia de bacterias y hongos; se multiplican y consumen los carbohidratos más fácilmente degradables, produciendo un aumento en la temperatura desde la del ambiente a más o menos 40 grados centígrados. Duración aproximada de esta fase 7días.

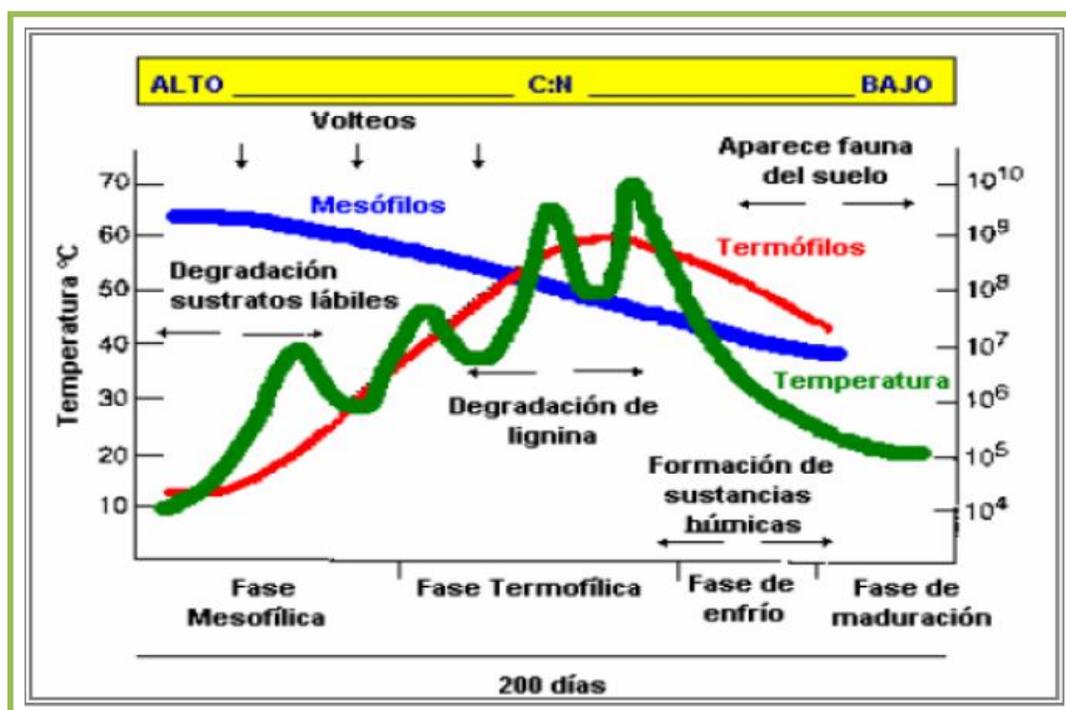
**2.5.3.2. Termófila:** La temperatura sube de 40 a 60 grados centígrados, desaparecen los organismos mesofilos, mueren las malas hierbas. La temperatura debe llegar y mantenerse a más de de 40 grados centígrados a efecto de reducción o supresión de patógenos al hombre y a las plantas de cultivo. En ésta etapa se degradan ceras, proteínas y hemicelulosas. Duración aproximada de esta fase 7días.

**2.5.3.3. Enfriamiento:** La temperatura disminuye desde la más alta alcanzada durante el proceso hasta llegar a la del ambiente, se va consumiendo el material fácilmente degradable, desaparecen los hongos termófilos y el proceso continúa gracias a los organismos esporulados y actinomicetos. Cuando se inicia la etapa de enfriamiento, los hongos termófilos que resistieron en las zonas menos calientes del proceso realizan la degradación de la celulosa. Duración aproximada de esta fase 7días.

**2.5.3.4. Maduración:** Complemento final de las fases que ocurren durante el proceso de fermentación disminuyendo la actividad metabólica. El producto permanece más o menos 15 días en ésta fase.

El proceso termina en 45 días controlando los parámetros de temperatura, volteo, humedad, pH, porque los microorganismos se encuentran en condiciones óptimas para su desarrollo.

Figura 1. El proceso de compostaje



Fuente: Puerta, Silvia; 2007

#### 2.5.4. Características de los grupos fisiológicos que intervienen en la producción de compost

Durante el proceso de compostaje aerobio, se encuentran activos diversos microorganismos aerobios. En las primeras fases del compostaje predominan las bacterias mesófilas, después predominan bacterias termófilas, que conducen a hongos termófilos. Finalmente en el período de maduración aparecen mohos y actinomicetos. La energía de los diferentes grupos fisiológicos se obtiene a partir de reacciones de oxidación (pérdida de electrones) del compuesto sea este orgánico e inorgánico y se conserva en la célula como un compuesto de alta energía, el trifosfato de adenosina (ATP) (BOYER, 2000).

A continuación se describen los tipos de organismos que aceleran el proceso de compostaje.

##### 2.5.4.1. Microorganismos eficientes nativos

Son una combinación de microorganismos benéficos de origen natural, que coexisten en un medio líquido y desempeñan diferentes funciones en el suelo y en las plantas. Cuando entran en contacto con la materia orgánica secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales y fundamentalmente sustancias antioxidantes. A

través de los efectos antioxidantes promueven la descomposición de la materia orgánica y aumentan el contenido de humus (AGEARTH, 2000).

Los microorganismos eficientes nativos tienen algunos usos importantes en el suelo entre los que tenemos. Reconstituyentes de equilibrio natural; Retenedores de nutrientes; Suprimen microorganismos patógenos, etc.

Forman parte de los microorganismos nativos otros organismos beneficiosos como: bacterias fototróficas, bacterias ácido lácticas, hongos y levaduras, actinomicetes.

#### **2.5.4.2. Microorganismos eficaces comerciales (EM o bocashi comercial)**

Estos microorganismos pueden producir un excelente compost a través de su acción microbiana para cualquier tipo de materia orgánica a procesarse. Bajo condiciones aerobias fermenta rápidamente impidiendo la putrefacción de la materia orgánica (no hay gases ni olores) y produciendo un aumento de la temperatura, la que debe mantenerse siempre por debajo de los 70°C para evitar la pérdida de energía en forma de calor (AGEARTH, 2000).

Las características de los EM son:

- Se envasa únicamente en forma líquida y contiene microorganismos útiles y seguros, los cuales se encuentran en estado latente.
- La vida útil es de un año a partir de la fecha de envasado.
- No se debe aplicar directamente sobre tierra o plantas.
- No contienen ningún microorganismo modificado genéticamente.
- No es tóxico para la salud (AGEARTH, 2000).

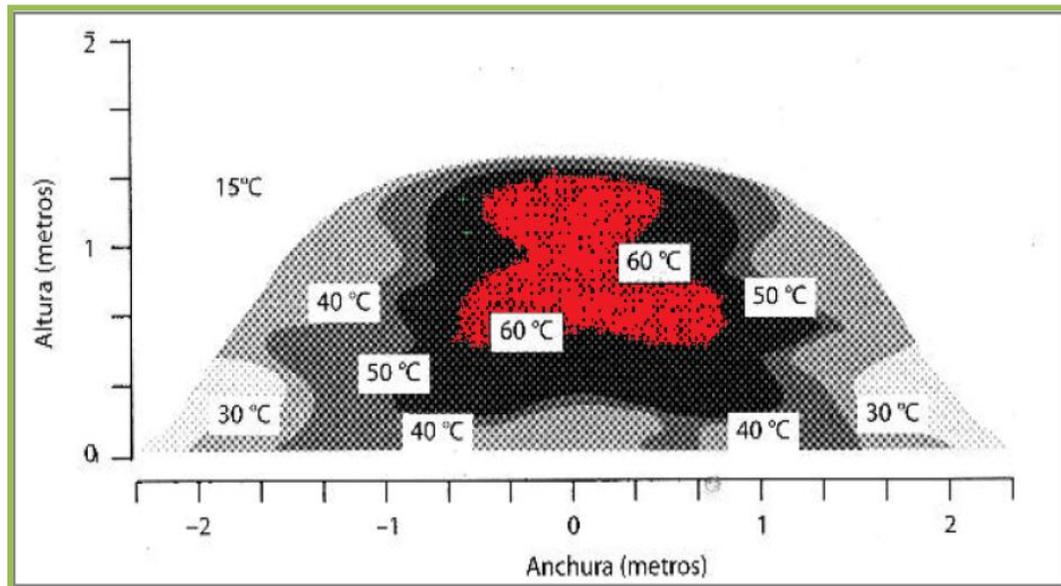
#### **2.5.5. Condiciones del proceso de compostaje**

En el proceso de compostaje, son los microorganismos los responsables de la transformación del sustrato, por lo tanto, todos aquellos factores que puedan inhibir su crecimiento y desarrollo, afectarán también sobre el proceso. Los factores más importantes que intervienen éste proceso biológico son: temperatura, humedad, pH, oxígeno, relación C/N y población microbiana.

**2.5.5.1. Temperatura:** Las fases mesófila y termófila del proceso, mencionadas anteriormente, tienen un intervalo óptimo de temperatura. En la *Figura 2*. Se muestra un

área de color rojo, es el lugar donde se alcanzan temperaturas más altas, a partir de éste nivel se empiezan a eliminar microorganismos patógenos dándose el proceso de sanitización ayudados adicionalmente por los antibióticos producidos por algunos microorganismos que favorecen su eliminación. Hacia los 70 °C grados centígrados se inhibe la actividad microbiana por lo que es importante la aireación del compost para disminuir la temperatura y evitar la muerte de microorganismos. Durante estos cambios de temperatura las poblaciones bacterianas se van sucediendo unas a otras. Este ciclo se mantiene hasta el agotamiento de nutrientes, disminuyendo los microorganismos y la temperatura.

**Figura 2.** Perfil de temperatura de una pila de compost estática.



Fuente: Jaramillo y Zapata; 2008.

**2.5.5.2. Humedad:** En el compostaje es importante evitar la humedad elevada ya que cuando está muy alta, el aire de los espacios entre partículas de residuos se desplaza y el proceso pasa a ser anaerobio. Por otro lado, si la humedad es muy baja, disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso se retarda. Se consideran niveles óptimos de humedades entre 40% - 60%, éstos dependen de los tipos de material a utilizar.

**2.5.5.3. pH:** El compostaje permite un amplio intervalo de pH (3.0 – 7.0), sin embargo los valores óptimos están entre 5.5 y 7.0, porque las bacterias prefieren un medio casi neutro,

mientras los hongos se desarrollan mejor en un medio ligeramente ácido. El valor del pH cae ligeramente durante la etapa de enfriamiento llegando a un valor de 6 a 7 en el compost maduro.

**2.5.5.4. Oxígeno:** Los microorganismos deben disponer de oxígeno suficiente para que se dé el proceso aerobio, esto se logra mediante la aireación. Si se garantiza el oxígeno necesario para que se desarrolle el proceso, se puede obtener un compost rápido y de buena calidad, evitándose problemas de malos olores.

**2.5.5.5. Nutrientes:** Una relación C/N de 20 – 35 es la adecuada al inicio del proceso; pero si ésta relación es muy elevada, se disminuye la actividad biológica porque la materia orgánica a composta es poco biodegradable por lo que la lentitud del proceso no se deberá a la falta de nitrógeno sino a la cantidad de carbono.

**2.5.5.6. Tamaño de partículas:** El tamaño de partículas no debe ser ni muy fina ni muy gruesa, porque si es muy fina, se obtiene un producto apelmazado, lo que impide la entrada de aire al interior de la masa y no se llevará a cabo una fermentación aerobia completa. Si las partículas son muy grandes, la fermentación aeróbica tendrá lugar, solamente en la superficie de la masa triturada. Aunque el desmenuzamiento del material facilita el ataque microbiano, no se puede llegar al extremo de limitar la porosidad, es por ello que se recomienda un tamaño de partícula de 1 a 5 cm.

**2.5.5.7. Relación Sólidos Volátiles – Sólidos Totales (SV/ST):** La relación inicial de SV/ST para los residuos orgánicos debe ser de 0,6 mientras que para el compost debe ser menor a 0,3 lo que indica que el material se encuentra mineralizado gracias a la acción bacteriana (MUÑOZ, 2008).

## **2.5.6. Técnicas de compostaje**

Los dos métodos principales de compostaje pueden clasificarse como agitado y estático. El método agitado, el material a fermentar se mueve periódicamente con el fin de permitir la entrada de oxígeno, controlar la temperatura y mezclar el material para que el producto sea

homogéneo, el método más común se conoce como hilera. En el método estático, el material que se va a fermentar permanece quieto y a través del él, se inyecta aire, el método más común se conoce como pila estática (TCHOBANOGLIOUS; THEISEN; VIGIL; 1997).

#### **2.5.6.1. Compostaje en hilera**

Un sistema rápido de compostaje con una sección transversal normalmente de 2 a 2,30 mts de altura por 4,5 a 5 mts de anchura. Antes de formar las hileras se procesa el material orgánico mediante trituración y cribación hasta obtener un tamaño de aproximadamente 2,5 a 7,5 cm y un contenido de humedad ajustado entre el 50 y 60%. En los sistemas de alto rendimiento se voltea hasta dos veces por semana mientras se mantiene la temperatura en 55°C un poco por encima. El volteo en hileras frecuentemente viene acompañado por emisiones de olores. La fermentación completa puede obtenerse en 3 o 4 semanas. Después del período de volteo, se deja el compost para curarse durante tres o cuatro semanas más, sin volteo. (TCHOBANOGLIOUS; THEISEN; VIGIL; 1997)).

#### **2.5.6.2. Pila estática aireada**

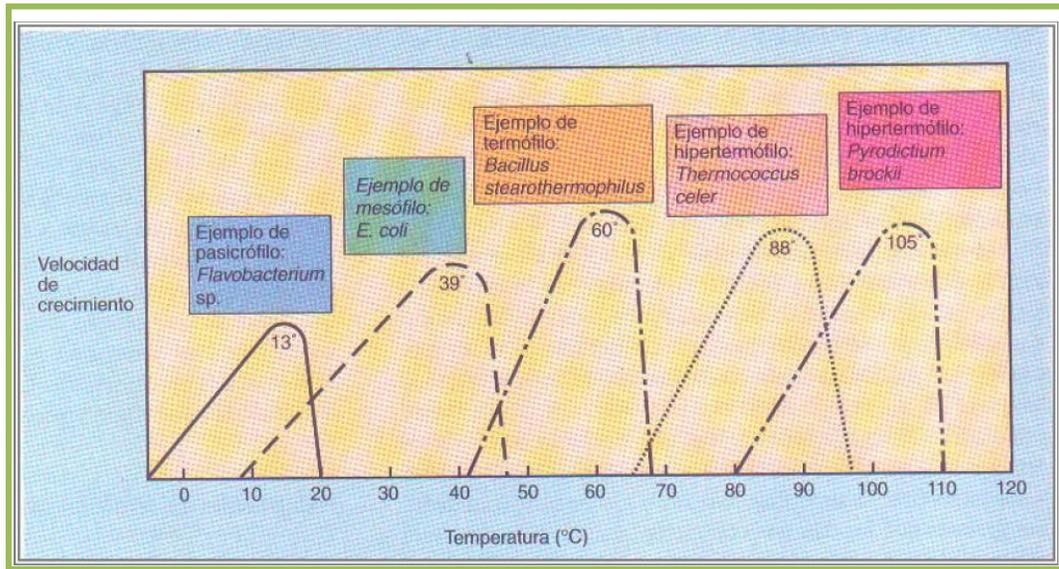
Consiste en una red de tuberías de escape o aireación sobre la cual se coloca la fracción orgánica procesada de los RSU. Las alturas de las pilas son aproximadamente de 2 a 2,5 m. A menudo se coloca encima de la pila recientemente formada una capa de compost cribado para control de olores. (JARAMILLO G., Y ZAPATA L., 2008).

#### **2.5.6.3. Sistemas de compostaje en reactor:**

Para éste sistema se ha utilizado como reactor todo tipo de recipientes. Estos se pueden dividir en dos categorías importantes de reactores: flujo pistón y dinámico. El tiempo de retención para los sistemas en reactor varía de 1 a 2 semanas, y emplean un periodo de curado de 4 a 12 semanas después del período de fermentación activa. (JARAMILLO G., Y ZAPATA L., 2008).

Dependiendo de la temperatura que vaya teniendo la pila en cualquiera de las técnicas de compostaje, se inicia velocidad de crecimiento de los microorganismos.

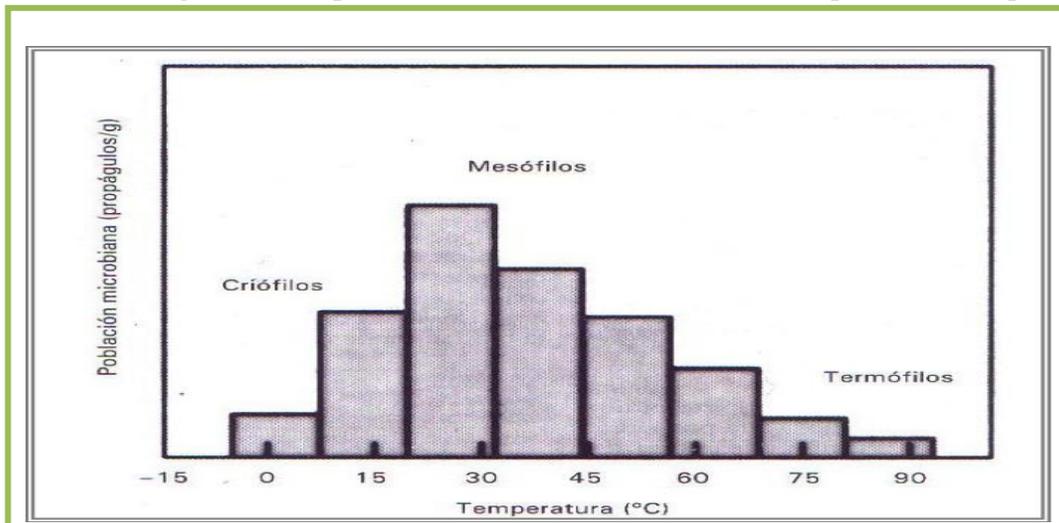
**Figura 3.** Relación de temperatura óptima y velocidad de crecimiento de un organismo.



Fuente: Jaramillo y Zapata; 2008.

Las poblaciones microbianas más extensas se encuentran a temperaturas mesolíticas moderadas.

**Figura 4.** Dendrograma de la población microbiana del suelo con respecto a la temperatura.

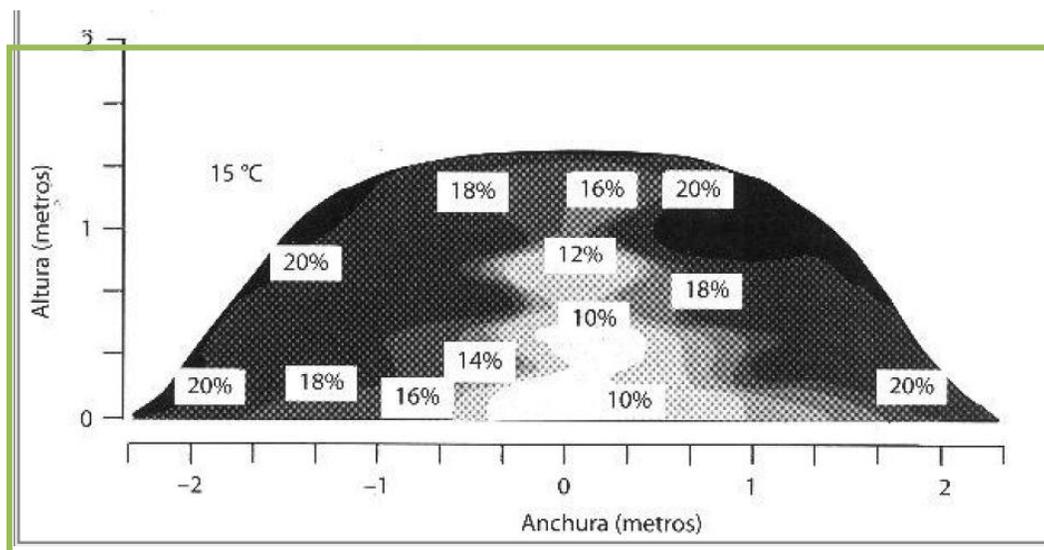


Fuente: Jaramillo y Zapata; 2008.

Otro factor determinante para obtener un producto de buena calidad al corto plazo es la presencia de oxígeno durante el proceso de compostaje, especialmente en las fases iniciales. Se debe manejar un volteo frecuente, tamaño de partícula adecuada. La frecuencia de volteo debe estar determinada por la presencia de oxígeno. Se recomienda voltear cuando la concentración de CO<sub>2</sub> esté por encima del 8%. Si no se cuenta con el equipo adecuado, la frecuencia de volteo puede estar determinada por temperatura, que es un indicador indirecto de la actividad microbiana. Es claro que aunque el compostaje es un proceso predominantemente aeróbico, en todo compost, se darán puntos de anaerobiosis. Los organismos anaeróbicos son menos eficientes en su metabolismo, por lo que el compostaje anaeróbico es más lento que el proceso aeróbico. Una gran desventaja que presenta el proceso anaeróbico es la presencia de malos olores, ya que los olores son generados en su gran parte por condiciones de reducción.

Normalmente la concentración de oxígeno en el compost es cinco veces menor que en el aire ambiental, incluso cuando las pilas se voltean mecánica o manualmente. El proceso de compostaje se acelera considerablemente si se mejora la aireación, al incrementar la actividad microbiana por la mayor disponibilidad de oxígeno. (Soto)

**Figura 5.** Concentración de oxígeno en una pila de compost, porcentaje del aire a 55°C



**Fuente:** Jaramillo y Zapata; 2008.

### 2.5.7. Utilización del compost

El compost según su composición y sus características, puede tener diferentes usos. Cuando el compost muestra contenidos relativamente altos de metales pesados, puede utilizarse en parques y jardines urbanos, pero si se presenta cierto exceso de sales se puede utilizar con las debidas precauciones en la recuperación de suelos degradados. Aunque, es variable el grado de salinidad que puede presentar un compost, siempre está dentro de unos niveles que no reviste riesgo aparente de salinización para el suelo; no obstante, el nivel en sodio no deberá sobrepasar el límite del 0,5 % sobre su contenido total de materia seca.

Si el compost contiene buenos nutrientes y materia orgánica, y no presenta las contraindicaciones anteriores, se puede utilizar como abono en los cultivos para la alimentación humana o animal. Y se tiene unas propiedades físicas adecuadas, puede utilizarse como sustituto parcial de las turbas y como abono en el cultivo de plantas ornamentales, aún cuando muestre un contenido de metales pesados relativamente elevado.

### 2.5.8. Condiciones del compostaje

Dado que el compostaje es un proceso de descomposición predominantemente aeróbico, las prácticas de manejo deben crear condiciones óptimas para el establecimiento y desarrollo de los organismos. (SOTO, 2003). Las condiciones que favorecen el crecimiento de los microorganismos aeróbicos son: presencia de oxígeno, temperatura, humedad y una nutrición balanceada. Como se enunció anteriormente hay otros factores que pueden afectar el desarrollo tales como: pH, fuentes energéticas de fácil solubilización como azúcares simples, y superficie de contacto o tamaño de partícula.

**Tabla 5.** Condiciones ideales para el compostaje.

CONDICION	RANGO ACEPTABLE	CONDICION OPTIMA
Relación C:N	20:1 - 40:1	25:1 - 30:1
Humedad	40% - 65%	50% - 60%
Oxígeno	5%	Aproximadamente 8%
pH	5.5 - 9.0	6.5 - 8.0
Temperatura (°C)	55°C - 75°C	65°C - 70°C
Tamaño de Partícula	0.5 - 1.0	Variable

Fuente: Rynk 1992

## **2.6. MEDIDAS Y MÉTODOS UTILIZADOS PARA VALORAR CANTIDADES DE RESIDUOS SÓLIDOS**

### **2.6.1. Medidas de volumen y peso**

Para evitar confusiones (con el volumen) las cantidades de residuos sólidos se deben expresar en términos de peso.

El peso es la única base exacta para los registros de datos, ya que los tonelajes se pueden medir directamente independientemente del grado de compactación. El volumen y peso son de igual importancia respecto a la capacidad de los vertederos.

### **2.6.2. Unidades de expresión para las cantidades de residuos sólidos**

Domestico: Kg/ hab/ día (Tasa Per cápita)

## **2.7. ANÁLISIS FINANCIERO**

### **2.7.1. Los Costos**

Es el gasto económico que representa la fabricación de un producto o la prestación de un servicio. Al determinar el costo de producción, se puede establecer el precio de venta al público del bien en cuestión (el precio al público es la suma del costo más el beneficio). (ESTRADA, A; 2011).

El costo de un producto está formado por el precio de la materia prima, el precio de la mano de obra directa empleada en su producción, el precio de la mano de obra indirecta empleada para el funcionamiento de la empresa y el costo de amortización de la maquinaria y de los edificios.

#### **2.7.1.1. Costo de producción**

$$C \text{ de } P = MP + MOD + G \text{ de } F$$

C de P = Costo de producción

MPD = Materia prima directa.

MOD = Mano de obra directa

G de F = Gasto de fabricación (costos indirectos de fabricación, incluida la materia prima indirecta y la mano de obra indirecta).

Conviene aclarar que se denomina mano de obra directa a aquella que interviene directamente en el proceso productivo, la mano de obra indirecta es aquella fuerza de trabajo complementaria que se necesita en el proceso como los envasadores, los que ponen las etiquetas, los despachadores de fábrica, los supervisores los técnicos que realizan el control de calidad, etc. Por el contrario, el gasto no tiene nada que ver con el proceso productivo, pero todo proyecto o empresa necesita estar debidamente estructurada, con el personal administrativo y de servicios necesarios para su adecuado funcionamiento. De igual manera todos los egresos que demanden el Departamento o Sección de ventas son considerados como gastos.

Obviamente, tanto los costos como los gastos se recuperan al establecer el precio de venta que debe contener el costo total unitario, los gastos administrativos y de ventas prorrateadas para cada unidad producida y un porcentaje de utilidad. Para facilitar el estudio e identificación de los Costos dentro de una empresa, se los clasifica en fijos y variables y estos nos dan el costo total. (ESTRADA; 2011).

$$CT = CF + CV$$

en donde:

CT = Costo total

CF = Costos fijos

CV = Costos variables

### **2.7.1.2. Costo fijo**

Se denominan Costos Fijos a aquellos egresos que no sufren alteraciones cualquiera que sea el volumen de producción, un ejemplo de esto lo constituyen los Salarios que ganan los ejecutivos, quienes, se produzca o no, siempre son remunerados (ESTRADA, A; 2011).

### **2.7.1.3. Costo variable**

Se denominan costos variables a aquellos que varían en proporción directa con el volumen de producción, mientras más se produzca hipotéticamente más alto será el costo y viceversa, cuando la producción es cero el costo variable también será cero (ESTRADA, A; 2011).

### **2.7.1.4. Costo total**

La suma de los Costos Fijos más los Costos Variables nos da el Costo Total (ESTRADA, A; 2011).

### **2.7.1.5. Rentabilidad**

Es llegar a determinar el balance (diferencia) entre los ingresos y los egresos en un proyecto; es decir conocer si existe superávit o déficit como producto de la ejecución del proyecto. La rentabilidad del proyecto se calcula a través del Valor actual neto, la tasa interna de retorno, el plazo de recuperación y la relación beneficio/costo; parámetros que definen si se hace o no la inversión. Total (ESTRADA, A; 2011).

### **2.7.1.6. Valor actual neto “VAN”.**

Saber en términos de ahora el valor que tendrá el dinero que se espera recibir en el futuro. (ESTRADA, A; 2011).

### **2.7.1.7. Tasa interna de retorno “TIR”.**

Es el interés que el proyecto arroja ante la inversión estimada, (el interés que la inversión devuelve al inversor). (ESTRADA, A; 2011).

### **2.7.1.8. Plazo de recuperación “P de R”.**

Consiste en saber en qué año el proyecto recupera todo lo invertido y por lo tanto desde que año comienza la utilidad para los inversionistas. (ESTRADA, A; 2011).

### **2.7.1.9. Relación beneficio/costo “B/C”**

Es dividir el beneficio esperado para el costo estimado. (ESTRADA, A; 2011).

## CAPITULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO “RELLENO SANITARIO DE ANTONIO ANTE – ÁREA DE COMPOSTAJE”

##### 3.1.1. Cantón Antonio Ante

El cantón Antonio Ante el más pequeño y céntrico de la Provincia de Imbabura, se encuentra ubicado al noroeste de la Provincia; con una extensión de 79 km<sup>2</sup> (8224 ha) es un cantón eminentemente textil, artesanal y empresarial. Está formado por seis parroquias; dos parroquias urbanas: Atuntaqui (cabecera cantonal) y Andrade Marín; y cuatro parroquias rurales: San Francisco de Natabuela, San Roque, San José de Chaltura, e Imbaya.

**Cuadro 1.** Información general del cantón Antonio Ante

<b>SUPERFICIE</b>	79 km <sup>2</sup>
<b>ALTITUD MEDIA</b>	2360 m.s.n.m
<b>CLIMA</b>	Templado seco
<b>TEMPERATURA</b>	16.24 °C promedio
<b>UBICACIÓN</b>	Noroeste de Imbabura
<b>POBLACIÓN</b>	44426
<b>LIMITES</b>	<b>Norte:</b> Cantón Ibarra <b>Sur:</b> Cantón Otavalo <b>Este:</b> Volcán Imbabura <b>Oeste:</b> Cantones Cotacachi y Urcuqui
<b>RELIEVE</b>	Vasta y larga llanura ubicada en las faldas del Volcán Imbabura
<b>IDIOMA</b>	Español y Kichwa
<b>GRUPOS ÉTNICOS</b>	Mestizo e Indígena Kichwa Otavalo

Coordenadas Métricas UTM: 10037893N – 808008E; 10037918 – 808191E

Latitud 0°10'0'' (NORTE) y longitud 78°29'0'' (OESTE). (Anexo 1)

### 3.1.1.1. Parroquia San Roque

La parroquia más grande en extensión (1914 ha), es una parroquia rural de 10327 habitantes. En esta parroquia se implementó el proceso de educación ambiental para lograr la separación en la fuente de los residuos orgánicos e inorgánicos.

**Cuadro 2.** Información general de la parroquia de San Roque

<b>SUPERFICIE</b>	13,42 km <sup>2</sup>
<b>ALTITUD MEDIA</b>	2450 m.s.n.m
<b>CLIMA</b>	Templado seco
<b>TEMPERATURA</b>	14°C promedio
<b>UBICACIÓN</b>	Este de Antonio Ante
<b>POBLACIÓN</b>	10327
<b>LIMITES</b>	<b>Norte:</b> Atuntaqui <b>Sur:</b> San Juan de Iluman <b>Este:</b> Atndrade Marín <b>Oeste:</b> Cabecera cantonal Cotacachi
<b>RELIEVE</b>	Vasta y larga llanura ubicada en las faldas del Volcán Imbabura
<b>IDIOMA</b>	Español y Kichwa
<b>GRUPOS ÉTNICOS</b>	Mestizo e Indígena Kichwa Otavalo

Coordenadas Métricas UTM: 10034377N – 807943E; 10032585 – 8092911E

Latitud 0°18'4,15" (NORTE) y longitud 78°14'2,37" (OESTE). (Anexo 2)

La Parroquia está distribuida en 9 barrios y 5 comunidades, la comunidad de Pucará es la más extensa con 573,29 ha mientras que la más pequeña es el Barrio El Centro con 5,05 has. En relación al total de las parroquias rurales del cantón la parroquia representa el 33,61%.

En la parroquia de San Roque de 2763 viviendas, 2762 son particulares y una colectiva, del total de viviendas el 52,26% se encuentran en el área urbana, y el 47,70% en el área rural. La única vivienda colectiva se encuentra en el área urbana. (PDOT 2012).

**Tabla 6:** Distribución de barrios en la Parroquia de San Roque.

DISTRIBUCIÓN DE BARRIOS EN LAS PARROQUIAS RURALES				
PARROQUIA		BARRIO/COMUNIDAD	AREA (Ha)	AREA (Ha) PARROQUIA
SAN ROQUE	1	COMUNIDAD PUCARÁ	573,29	1914,46
	2	BARRIO LA MERCED	119,47	
	3	COMUNIDAD LA ESPERANZA	137,74	
	4	COMUNIDAD CEROTAL	285,98	
	5	COMUNIDAD JATUN RUMI	194,96	
	6	COMUNIDAD AGUALONGO DE PAREDES	282,88	
	7	BARRIO LA DELICIA	10,36	
	8	BARRIO EL CENTRO	5,05	
	9	BARRIO SAN AGUSTIN	69,03	
	10	BARRIO SANTA ROSA	36,67	
	11	BARRIO SAN MIGUEL	58,67	
	12	BARRIO SAN ALFONSO	38,47	
	13	BARRIO CORAZÓN DE JESUS	27,99	
	14	BARRIO SANTA BERTHA	73,90	
<b>TOTAL PARROQUIAS RURALES</b>				<b>5696,09</b>
Fuente: PDOT 2011. Elaboración PDOT 2011				

Las distancias de la Cabecera parroquial a las comunidades no superan los 2,5 km y como mínimo es de 1 km. (Anexo 3)

**Tabla 7:** Distancia en Km de las comunidades a la cabecera cantonal.

Distancia en Km de las Comunidades a la Cabecera Parroquial	
Comunidades	Cabecera Parroquia
<b>Pucará</b>	2km
<b>Cerotal</b>	2,5km
<b>Jatun Rumi</b>	2,5km
<b>La Esperanza</b>	1km
<b>Agua Longo</b>	1km
<b>Merced</b>	2km

Fuente: PDOT Parroquia San Roque 2011

### 3.1.2. Relleno Sanitario

Ubicado en el sector de Patabarn, a 3 kilómetros del centro urbano de Atuntaqui. Posee una extensión aproximada de 4.5 hectáreas, se construyó con la finalidad de dar un manejo adecuado a los residuos orgánicos, inorgánicos y biopeligrosos provenientes del cantón. Cuenta con 2 celdas de residuos inorgánicos (una cerrada), un espacio para manejo de residuos orgánicos, una celda de residuos biopeligrosos, un centro de interpretación ambiental, tanques de almacenamiento de lixiviados, la guardianía, bodegas, espacio para pesaje, duchas para los trabajadores y una oficina. Se construyó en el 2009 y se estima que la vida útil es de 7 años.

Se localiza dentro de las siguientes coordenadas. (Anexo 4).

**Cuadro 3.** Coordenadas del Relleno Sanitario de Antonio Ante

COORDENADAS MÉTRICAS (UTM)		
ID	X	Y
1	807847	10037572
2	807880	10037566
3	807868	10037499
4	807847	10037479

Proyección Transversa de Mercator, Datum: WGS84 Zona 17 Sur

Hasta el año 2007 los desechos sólidos generados en la ciudad eran depositados al fondo de la quebrada de Patabarn (500 mts del relleno sanitario). Contaminando el aire, el suelo, el agua, afectando al entorno y amenazando seriamente la salud de los pobladores.

Como consecuencia no se podía evitar la presencia de roedores que inician la invasión a los hogares cercanos. La quebrada de Patabarn durante 25 años constituyó un botadero a cielo abierto en el que se depositó los desechos de la ciudad y de muchas parroquias del cantón.

Desde el año 2007 se inició con la construcción del relleno sanitario del cantón y se trabajó también en el cierre del botadero aplicando normas técnicas de mitigación ambiental.

En la actualidad se cuenta ya con un relleno sanitario manejado técnicamente que cumple con los estándares solicitados por el ministerio del ambiente, tanto es así que el estudio de impacto ambiental y el plan de manejo que se aplica en este se ha logrado obtener la licencia ambiental para el funcionamiento del relleno.

El manejo técnico evita la presencia de vectores tales como roedores, animales domésticos, aves de rapiña y otros animales que pueden ser potenciales transmisores de enfermedades.

**Figura 6:** Características del relleno sanitario de Antonio Ante.

<b>CARACTERÍSTICAS DEL SITIO DE DISPOSICION FINAL DEL CANTON ANTONIO ANTE</b>	
<b>CONCEPTO</b>	<b>DESCRIPCION</b>
Tipo de destino final	Relleno Sanitario
Ubicación	Sector de Patabarón
Distancia desde la cabecera cantonal	3,00 Km
Área del Terreno	4.50 Ha Aproximadamente
Propietario del terreno	Gobierno Municipal de Antonio Ante
Vida útil del Proyecto	7 años aproximadamente

**Fuente:** Estudio de Factibilidad de M.G.I.R.S. Mancomunidad de los Municipios de Imbabura.

**Elaborado por:** Santiago Erazo

**Figura 7:** Infraestructura del Relleno Sanitario de Antonio Ante.

<b>INFRAESTRUCTURA DEL RELLENO SANITARIO DEL CANTON ANTONIO ANTE</b>
Oficina, bodega, guardianía, cerramiento, puerta de ingreso
Sistema vial interno
Sistemas de señalización
Celdas de confinamiento de residuos domésticos
Celdas para residuos hospitalarios
Sistema de drenaje de aguas lluvias
Sistema de impermeabilización de celdas
Sistema de drenaje de lixiviados
Sistema de drenaje de Biogas
Sistema de tratamiento de lixiviados
Centro de Interpretación Ambiental
Área de compostaje

**Fuente:** Estudio de Factibilidad de M.G.I.R.S. Mancomunidad de los Municipios de Imbabura.

**Elaborado por:** Santiago Erazo. (Anexo 5)

**Figura 8:** Principales afectaciones del Relleno Sanitario de Antonio Ante.

<b>PRINCIPALES AFECTACIONES DEL RELLENO SANITARIO DE ANTONIO ANTE</b>			
<b>CONCEPTO</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Presencia de minadores		X	
Generación y descarga incontrolada de lixiviados		X	Existe acumulación de lixiviados
Generación y descarga incontrolada de biogas		X	
Presencia de olores	X		Característicos de un Relleno Sanitario, buena recirculación del aire
Presencia de vectores sanitarios (moscas, ratas, gallinazos)	X		Especialmente moscas, no existe gallinazos
Generación de incendios incontrolados, humos		X	

**Fuente:** Estudio de Factibilidad de M.G.I.R.S. Mancomunidad de los Municipios de Imbabura.

**Elaborado por:** Santiago Erazo

### **3.1.2.1. Características del relleno sanitario**

Se localiza sobre una terraza indiferenciada con potencias que alcanzan los 100 m, de edad Holocénica. Pendientes menores al 5%, topografía plana.

En las cercanías del área en estudio se encuentra el Río Ambi localizado al occidente del Relleno Sanitario y constituye el límite Noroccidental del Cantón.

La precipitación media anual es de 970 mm, la temperatura media anual se encuentra en el rango de los 14 y 16° C. La humedad relativa está entre 66 y 81%, se encuentra en el piso climático denominado Ecuatorial mesotérmico seco (ESTUDIO PARA EL DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN ANTONIO ANTE).

No hay fuentes de polución de aire en el área, excepto por el tráfico ocasional a lo largo de la vía que conduce a Imantag. Las actividades que pueden afectar de manera negativa se relacionan con la evacuación de gases de las trincheras por medio de las chimeneas (es muy bajo). En cuanto a los olores, gracias a la creación del invernadero para los residuos orgánicos se ha podido controlar en gran medida la emanación de olores al exterior, sin embargo a los alrededores del relleno, aun se puede percibir ciertos olores desagradables.

El único cuerpo de agua presente dentro del Área de influencia directa del Relleno, es el Río Ambi, el cual se encuentra bastante contaminado debido a la descarga de aguas residuales urbanas y a la presencia del antiguo botadero de basura dentro de su subcuenca. En cuanto al relleno el sistema de captación de agua proviene de una vertiente junta al relleno que abastece a todo el sistema de riego. Actualmente se tiene un registro aproximado de generación de lixiviado que es de 0,5 a 0,7 m<sup>3</sup>/día, se almacena en tanques. (ESTUDIO PARA EL DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN ANTONIO ANTE). (Anexo 6)

### 3.1.3. Área de Compostaje

El área exclusiva para el manejo de los residuos orgánicos se encuentra dentro del Relleno Sanitario de Antonio Ante, una extensión de 1800mts<sup>2</sup> comprende toda el área de compostaje. Incluye el invernadero, el área de descarga, la plancha de secado, el espacio para picado, y el área del tamiz.

Un espacio que permite el manejo exclusivo de la parte orgánica que ingresa al relleno sanitario y que a través de un manejo adecuado la obtención de compost.

Se encuentra dentro de las siguientes coordenadas. (Anexo 7).

**Cuadro 4.** Coordenadas del área de compostaje.

COORDENADAS MÉTRICAS (UTM)		
ID	X	Y
1	807855	10037514
2	807861	10037456
3	807891	10037455
4	807894	10037519

Proyección Transversa de Mercator, Datum: WGS84 Zona 17 Sur

La determinación del área de influencia se establece en base a aspectos biofísicos y socioeconómicos que pueden afectar las actividades del área de compostaje. El área de influencia directa comprende la superficie que ocupa el relleno sanitario y el área de influencia indirecta comprende un radio de 500 metros. (Anexo 8).

### 3.2.MATERIALES

Para la realización de la investigación se utilizaron los siguientes materiales y equipos.

**Cuadro 5.** Materiales y equipos utilizados en la investigación.

<b>MATERIALES Y EQUIPO PARA EDUCACION AMBIENTAL</b>	
Micrófonos	Mascarilla
Teatrín	Tableros
Disfraces	Stickers
Equipo de perifoneo	Dípticos
Títeres	Bolígrafos
Tachos de basura	Materiales Didácticos
Hojas de registros	
<b>MATERIALES Y EQUIPOS PARA COMPOSTAJE</b>	
Potenciómetro	Un tamizador
Melaza	Bomba de fumigar
Cobertura tipo invernadero	Una picadora
Banda transportadora	Contenedores
Mini cargadora	Termómetro
Microorganismo comerciales	Sistema de riego
Residuos orgánicos	Sistema eléctrico
Herramientas menores (palas, trinchas, machetes)	
<b>EQUIPO DE PESAJE</b>	
Una balanza camionera	Computadora de registro
Una bascula digital	Impresora
<b>OTROS MATERIALES DE CAMPO</b>	
Camioneta	Cámara fotográfica
Overol	GPS
libreta de campo	botas de caucho
Flexómetro	costales y fundas plásticas
Casco	Guantes de caucho
gafas	piola
<b>MATERIALES DE OFICINA</b>	
Impresora	Cartas topográficas
disco duro	Marcadores
Papelotes	Pizarra
Fomix	Laptop
Cartulinas	

### **3.3. METODOLOGÍA**

Para la realización de este trabajo, se analizó los objetivos a cumplirse y con cada uno de estos se establecieron actividades que unificadas, conllevan al manejo integral de los residuos orgánicos.

Actividades para promover la clasificación de los residuos en orgánicos e inorgánicos. Mediante material didáctico se trabajó puerta a puerta, en las casas, escuelas y mercados capacitándolos para que separen sus desechos en la fuente. Además, se trabajó en el relleno sanitario con una planta exclusiva de compostaje, para descomponer los residuos orgánicos en el menor tiempo posible y obtener un abono de buena calidad. (Anexo 9)

#### **3.3.1. Campaña de educación ambiental**

La Educación Ambiental es sumamente importante para el logro de todos los resultados propuestos en esta investigación, ya que se espera que la población tenga una mejor conciencia del ambiente y se interese por él, por sus problemas y que cuente con los conocimientos, actitudes, motivación y deseos necesarios para trabajar individual y colectivamente en la búsqueda de soluciones a los problemas actuales, para de esta forma prevenir los que pudieran aparecer en lo sucesivo.

El Municipio cuenta con un plan de educación ambiental en el tema de residuos sólidos. Se definió las estrategias de implementación de este plan específicamente en la Parroquia de San Roque.

Talleres ambientales, festivales ambientales, capacitaciones puerta a puerta, seguimiento de rutas e inspecciones a los hogares, escuelas y mercados sobre la clasificación de los residuos, diseño de material informativo; fueron las actividades realizadas que generaron aprendizajes en la población y se evidencian en el desarrollo de habilidades y actitudes amigables con la naturaleza. . (Anexo 10)

##### **3.3.1.1. Talleres ambientales**

Los talleres ambientales consistieron en reuniones en los barrios, mercados, centros educativos de San Roque; se informó mediante dípticos la clasificación de los residuos en orgánico e inorgánico, se explicó de una forma dinámica y entretenida la manera en la que se debe clasificar la basura, y los días de recolección. (Anexo 10, fotografías 1 y 2)

### **3.3.1.2. Festivales ambientales**

Se realizó en barrios e instituciones educativas, consistió básicamente en enseñar de una forma creativa como se debe clasificar en casa y en la escuela los residuos. Se explicó, cómo clasificar la “basura”: en el tacho de color negro la “basura” inorgánica y en el tacho verde la “basura” orgánica. Con los niños, la estrategia aplicada para que capten el mensaje, fue a través de un show de títeres, un acto donde se expone la problemática para el medio ambiente de no clasificar la basura. Además de concursos en los cuáles los participantes nos indicaban lo que aprendieron y como clasificarán la basura en adelante. En las instituciones educativas se donaron los tachos clasificadores. (Anexo 10, fotografías 3, 4, 5 y 6).

### **3.3.1.3. Capacitaciones puerta a puerta**

Otra campaña de educación ambiental fue la capacitación puerta a puerta a las personas. Gracias al apoyo de pasantes de la Universidad Técnica del Norte y los técnicos del Proyecto, se emprendió una estrategia interesante. Se realizó dípticos informativos y stickers de capacitación donde se procedió de la siguiente manera.

- Se realizó una visita en cada hogar, en el cuál se capacitó a un miembro o a la familia completa acerca de cómo debe clasificar los residuos. Se les manifestó la importancia de clasificarlos y la obligación de cada uno de los habitantes del cantón para clasificar sus residuos de acuerdo a la ordenanza Municipal.
- Se socializó el tema de los tachos clasificadores, que no es una obligación la adquisición de ellos, pero si la obligación de clasificar. Se socializó la ordenanza Municipal, la manera de realizar una compostera y manejar los residuos orgánicos en sus hogares y los días de recolección de la basura de manera clasificada.
- Se procedió a tomar los datos de la persona o familia capacitada para mantener un registro de capacitación y una vez terminada esta capacitación se procedió a pegar en la puerta de la casa. un stickers que nos indicaba que esa familia ya ha sido capacitada.

Esto requirió de una planificación participativa abriendo espacios en los cuales la población incidió en la toma de decisiones. Una vez capacitados, y tomando en cuenta que el

Municipio ya contaba con basureros clasificadores (negro: residuos inorgánicos y verde: residuos orgánicos); se procedió a informar a los moradores de la parroquia de San Roque sobre la disponibilidad de estos tachos.

El costo de los recipientes se descuenta mensualmente en la planilla de pago del servicio de agua potable, con un plazo de pago de 1 año, tiempo en el cual el Municipio recupera esta inversión, por lo cual son los beneficiarios quienes pagan por los recipientes, garantizando de esta manera su cuidado y buen uso; cabe señalar que la adquisición de los recipientes es de forma voluntaria, no se les obliga a los barrios y comunidades a obtener estos tachos ya que su costo es de 13,50USD cada uno, lo cual resulta costoso para las personas de bajos recursos. En el sector comercial si se obligó a través de la ordenanza a que compren los tachos clasificadores. (Anexo 10, fotografías 7, 8, 9 y 10)

#### **3.3.1.4. Inspecciones a hogares y escuelas sobre la clasificación de los residuos**

Una vez que se ha realizado la capacitación puerta a puerta, se procede a la inspección. Para esto se realizó en los carros recolectores una revisión directa de los residuos que salen de los hogares observando la manera de clasificación de las familias; se observó y analizó el proceso de clasificación para lo cual se abrió las fundas o se observó los tachos para cerciorarse si realizan o no una clasificación adecuada. Para la familia que si clasificaba de manera correcta sus residuos, se procedía a pegar en su puerta un sticker color verde que manifestaba que esa familia clasifica correctamente sus residuos, mientras que para las familias que en el proceso de revisión de los residuos, se observaba que no realizaban una adecuada clasificación se procedía a pegar un sticker en su puerta de color rojo con esto se realizó un seguimiento más profundo a esas familias.

Cabe señalar que el carro recolector no lleva la basura que no está correctamente clasificada como un llamado de atención que deben de clasificar bien, mientras que los técnicos indicamos a las familias que deben guardar su basura y clasificarla; además que se advierte de las multas a través de la ordenanza para las personas que no clasifican sus residuos. (Anexo 10, fotografías 11 y 12).

### **3.3.1.5. Seguimiento de rutas**

Se colocó un sistema de rastreo satelital a cada vehículo recolector, a través de un sistema de seguimiento se puede observar la ruta que aplican los vehículos recolectores. (Anexo 10, fotografías 13 y 14)

Con la implementación de estas actividades se tiene una población más consciente y con nuevos aprendizajes expresados en habilidades y actitudes amigables con la naturaleza, de tal forma se garantiza la sostenibilidad de las acciones propuestas.

### **3.3.1.6. Educación ambiental en los mercados**

No se han emprendido acciones de capacitación ni mucho menos manejo adecuado de los residuos en los mercados; no existen contenedores únicamente tachos en los cuales los residuos son dispuestos sin separación, para que luego el Municipio los recoja y los traslade al relleno sanitario para su disposición final. Pese a que aproximadamente un 85% de estos residuos son orgánicos, debido a que no se clasifican, se depositan directamente en la celda N° 1 del relleno sanitario y no se aprovechan en la elaboración de abono orgánico.

Por tal motivo se trabajó con los mercados más importantes del cantón. (Mercado Central y Andrade Marín), que en total abarca el 95% de la generación de residuos en mercados. Se realizó un acercamiento con los representantes de las asociaciones de los mercados para informarles acerca de la clasificación; se capacitó y se dotó de contenedores clasificadores a los mercados para que separen sus desechos en la fuente, se implementó una recolección interna diferenciada, para la recolección interna en los mercados se entregó recolectores manuales, se adquirió 5 contenedores clasificadores: 3 para residuos orgánicos y 2 para residuos inorgánicos, los cuales se situaron en lugares estratégicos para facilitar la separación y recolección de los mismos, los orgánicos son aprovechados en el relleno sanitario para la elaboración de abono y los inorgánicos se disponen en la celda destinada para el efecto. Además se tuvo la oportunidad de realizar un curso de “Mercados Limpios” cuyo objetivo primordial es lograr que los Mercados Obtengan una certificación siguiendo las Normas INEN de calidad de los mercados, en lo que se está trabajando en el Mercado Central. (Anexo 10, fotografías 15, 16, 17, 18).

Para este programa se coordinó con la Empresa Pública de Servicios Municipales, a través de su Gerente. Ing. Luis Cevallos para la ejecución de las actividades, quien es responsable de los mercados en el cantón. Actualmente se está trabajando en la Ordenanza Municipal para el Manejo de los Mercados, esto permitirá un mercado más seguro, saludable con condiciones higiénicas que garantice el expendio de alimentos inocuos.

### **3.3.2. Implementación de un espacio exclusivo dentro del relleno sanitario para el manejo técnico de los residuos orgánicos (planta de compostaje)**

Al espacio propio que ya se tenía para los residuos orgánicos dentro del relleno sanitario; se implementó una cobertura tipo invernadero con estructura tubular galvanizado, con bases de hormigón simple y tensores en cable de acero galvanizado con el objetivo de reducir los lixiviados que se producen a causa de la lluvia, y sobre todo darle un manejo más tecnificado al relleno; un sistema de riego, un sistema eléctrico y una serie de maquinaria y herramientas entre las que destacan un tamizador metálico, una banda transportadora, una minicargadora, una picadora, un potenciómetro, un termómetro y microorganismos comerciales. Todas estas actividades se realizaron a cargo del Proyecto.

Se construyó una plataforma de secado de los residuos orgánicos, con un área aproximada de 265m<sup>2</sup>, se construyó con piso de cemento, una plancha de 20 cm de altura con cimentación de piedra; en esta plataforma se deshidrata durante al menos 3 días los residuos antes de pasarlos a las camas de compost.

Se cuenta con el espacio de descarga de los residuos, por donde ingresan los carros recolectores que comprende 590mts<sup>2</sup>, el espacio del invernadero cuya área es de 638mts<sup>2</sup> formado por tres naves de 7 metros de ancho y 40 metros de largo divididos en cuadros de cuatro con cuarenta y cuatro (4.44) metros de ancho. Puerta de descarga y puerta de ingreso (3metros de ancho por 3 metros de alto cada una).

Aparte se cuenta con un espacio para el tamizado del abono con un área de 308mts<sup>2</sup>, un tamiz que permite obtener un abono fino con granulometría ideal para aplicación en parques, jardines y cultivos. (Anexo 11)

Se instaló un sistema de riego para controlar la humedad de los residuos de una manera homogénea y sin desperdiciar agua; se implementó un sistema eléctrico para que funcionen las diferentes máquinas adquiridas como son la picadora y la banda transportadora.

### **3.3.3. Sistema de pesaje de los residuos en el relleno sanitario**

Otro aspecto fundamental para el manejo integral de los residuos es contar con una báscula dentro del relleno sanitario para pesar y controlar los vehículos recolectores, de esta manera se puede contar con datos reales de la generación de residuos en cada ruta y contar con análisis estadístico de los programas implementados. Con la implementación de la báscula se da un seguimiento adecuado al plan de manejo integral de los residuos.

Este sistema de pesaje aporta con datos estadísticos para el manejo de los residuos orgánicos y control de los vehículos recolectores.

Anteriormente se ha tenido que realizar estimaciones con base en muestreos y caracterizaciones de los residuos; sin embargo, no se tienen datos 100% reales, con este equipo se cuenta con datos de suma ayuda para el manejo de residuos orgánicos e inorgánicos en el cantón.

El carro recolector debe cumplir el siguiente procedimiento.

- Al ingresar al Relleno Sanitario inmediatamente debe dirigirse a la báscula.
- Una vez en la báscula, los choferes y toda persona que se encuentre en el vehículo debe bajarse para proceder al pesaje del vehículo con los residuos.
- Una vez que se ha realizado el pesaje se procede a poner los residuos donde corresponde. Si son residuos orgánicos en la planta de compostaje, si son inorgánicos a la celda de inorgánicos y si es hospitalario a la celda de residuos hospitalarios.
- Una vez depositados los residuos en la celda correspondiente inmediatamente el carro recolector se dirige nuevamente hacia la báscula, en esta el chofer y los ocupantes deben bajarse del vehículo y se procede al pesaje del mismo.
- Una vez pesado el vehículo, el sistema nos indica el peso neto de los residuos.  $\text{Peso del vehículo recolector con residuos} - \text{Peso de vehículo recolector} = \text{residuos}$ . La diferencia manifiesta la cantidad de residuos que se han depositado en las diferentes celdas.

Al implementar el sistema de pesaje dentro del relleno, también se cuenta con un sistema de monitoreo del carro recolector, y un sistema de datos, es decir, al momento que ingresa el carro recolector al relleno y llega a la balanza, se toman los siguientes datos.

**Cuadro 6.** Ficha de recolección de datos en el Sistema de Pesaje.

Tipo de Residuo	Fecha	Sector	Vehículo	Chofer	Hora de entrada	Hora de Salida	Peso Bruto	Peso Tara	Peso Neto
Orgánico		Ruta 1							
Inorgánico		Ruta 2							
Biopeligroso		Ruta 3							
		Parroquias							
		Mercado							
		Otros							

Con estos datos, se pudo establecer nueva información que es muy útil para un control del Relleno Sanitario, de los vehículos recolectores y sobre todo datos estadísticos de la generación de residuos por parroquia, cantidad que ingresa del mercado, por habitante, por día, por tipo de residuo, etc. (Anexo 12)

### 3.3.4. Análisis de los tratamientos de los residuos orgánicos

Se realizó un análisis de 2 tratamientos sin repeticiones basado principalmente en el control de parámetros de temperatura, pH, volteos, aireación y humedad, además de la aplicación de microorganismos comerciales y el picado de los residuos.

#### Variables

- A) Tiempo de descomposición de los residuos orgánicos.
- B) Cantidad de abono.
- C) Calidad del producto.

Para esto se separó cuatro toneladas de residuos orgánicos para su manejo.

- **Tratamiento 1:** 1Tn de residuos orgánicos controlando parámetros de temperatura, pH, volteos, aireación, humedad.
- **Tratamiento 2:** 1Tn de residuos orgánicos controlando parámetros de temperatura, pH, volteos, aireación, humedad más la aplicación de microorganismos comerciales y con el proceso de picado de los residuos.

### **3.3.4.1. Manejo de los tratamientos**

#### **Control de parámetros**

Volteo.- Se realizó el volteo dos veces por semana, por lo general martes y viernes.

Riego.- El riego se determinó dependiendo de la humedad de los tratamientos, se realizó conjuntamente con los volteos dos veces por semana.

Temperatura y pH.- Antes de cada volteo se revisó la temperatura y el pH de los tratamientos. En ocasiones que el pH estaba elevado, se procedía a agregar cascara de naranja, limón, y cuando el pH disminuía se agregaba abono.

#### **Aplicación de microorganismos comerciales**

Se adquirió un galón de los microorganismos comerciales del laboratorio AGEARTH de la ciudad de Guayaquil para manejar el tratamiento 2.

Se preparó una solución madre de acuerdo a las especificaciones de la casa comercial como se menciona a continuación.

Procedimiento para la preparación de solución madre.

- Se disolvió en una caneca de 20 litros, 1 litro de melaza en 18 litros de agua y después colocar 1 litro de EM.
- Se mezcló la solución y se dejó fermentar durante una semana. Los microorganismos deben generar gases durante la semana que dura la activación del mismo, deberá ser desalojado periódicamente abriendo parcialmente la tapa del recipiente. También debe producir un olor agrídulce para considerarlo adecuado. Si presenta natas o un olor desagradable debe ser desechado. La solución madre debe tener un pH de 4. Si el pH estuviera menor que 7, agregar cal en polvo al realizar la mezcla de los residuos.

La solución madre de los microorganismos que se emplearon, no tuvieron ningún inconveniente durante la semana de fermentación; presentaron un olor agrídulce.

Procedimiento de aplicación.

- Se colocó de acuerdo a las especificaciones de la casa comercial una concentración de ½ litro de la solución madre en 20 litros de agua.

- Se realizó el riego utilizando una bomba de agua de 14 litros y se manejó un promedio de 17 litros de la solución madre diluida para cada una de las hileras durante las dos semanas de aplicación. En las siguientes dos semanas se manejó un volumen de 10 litros.
- Para el tamizado se dejó madurar durante quince días, y se regó una vez durante los quince días para lograr una humedad cercana al 20% de tal manera que se facilite el proceso de manejo y distribución de sacos. (Anexo 13, fotos 31,32,33,34,35,36)

### **Picado de los residuos orgánicos**

Con la ayuda de la picadora, se procedió a triturar la tonelada de residuos correspondiente al tratamiento 2, el objetivo reducir el volumen y verificar el tiempo de descomposición.

#### **3.3.4.2. Tiempo de descomposición de los residuos orgánicos**

En este proceso experimental siguiendo los pasos que se menciona en el literal 3.3.4.1. de acuerdo a cada tratamiento, se determinó en que tiempo se obtiene el abono, para esto las características que especifican un material descompuesto son:

- Granulometría adecuada, grano fino.
- Color marrón oscuro.
- Olor agradable a tierra.

Con estos parámetros se determinó el compost obtenido y el tiempo en que cada tratamiento presentaba estas características.

#### **3.3.4.3. Cantidad de abono**

Una vez que los tratamientos poseían las características mencionadas en el literal anterior, se procedió a su tamizado y seguidamente al pesaje del abono obtenido, con esto se determinó el porcentaje de compost adquirido a partir de la descomposición de una tonelada de residuos orgánicos.

#### **3.3.4.4. Calidad del producto**

Para determinar la calidad del producto, se procedió a empacar una pequeña cantidad de abono de cada tratamiento para determinar en el laboratorio la calidad de cada uno de los tratamientos. Para eso en el laboratorio se siguió la siguiente metodología.

Se realizó la determinación del análisis completo como fertilizante de los residuos orgánicos en el Laboratorio de Análisis físicos, químicos y microbiológicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte.

El análisis incluye determinación de pH, relación carbono/nitrógeno (C/N), materia orgánica, densidad relativa, nitrógeno total (%), macronutrientes en meq/100 ml (P, K, Ca, Mg) y micronutrientes en ppm (Zn, Cu, B, Fe, Mn)

#### **3.3.4.5. Manejo técnico de la planta de compostaje**

Existe un área en el relleno sanitario destinada para la producción de abono orgánico, para tecnificar su producción se implementó una infraestructura con el equipamiento adecuado.

El proceso inicia al momento de pesar los residuos orgánicos en la balanza; se lleva el registro de la cantidad de residuos orgánicos que ingresan al relleno sanitario.

Se depositan los residuos en la plataforma de descarga, luego se esparcen los residuos con el fin de facilitar la apertura de fundas y la selección de los residuos inorgánicos que no estén debidamente clasificados.

Transcurridos dos días cuando los residuos disminuyen su contenido de humedad, se procede a triturarlos para acelerar su período de descomposición, para luego ser acumulados con la maquinaria formando pilas de 6 metros de largo por 3 metros de ancho y 2 metros de altura (representando cada mes que ingresa); estas pilas se voltean 2 veces por semana para mantener aireado el material y evitar la acumulación de lixiviados. Se agregan microorganismos eficientes unas 2 veces durante todo el proceso de descomposición. Se controla humedad, pH, temperatura, oxigenación.

Luego de un mes y medio, el material ha pasado por el proceso de descomposición y con la ayuda de la retroexcavadora se recoge el compost y se deposita en la zaranda cuyas características permiten el paso del compost para luego el compost que filtra la zaranda ser

almacenado en costalillos y luego ser distribuido a los espacios verdes del cantón o para su comercialización.

Es inevitable que en el proceso de descomposición de los residuos orgánicos se generen malos olores y moscas; para minimizar estos impactos, para agilizar el proceso de descomposición, se aplicó microorganismos comerciales; experiencias realizadas en otros cantones del país cuyos resultados han sido satisfactorios.

### **Aplicación de los microorganismos comerciales**

Para conocer la forma de aplicación de los microorganismos comerciales, se utilizó la siguiente metodología.

El galón de Microorganismos Eficientes (EM) de 4 litros se mezcla con melaza y agua para activarse y poder utilizar los microorganismos que contiene.

Siempre se activa al 5%, es decir 1 galón de EM + 1 galón de melaza + 18 galones de agua potable. Se deja reposar por 3-5 días dejando liberar gases todos los días. Con 1 galón de EM podemos obtener 20 galones (o el equivalente a 80 litros) de producto listo para utilizar o EM Activado (EMA). Para tratar los residuos orgánicos, debemos aplicar 4 litros de EMA mezclado en 12 litros de agua (16 litros en total dentro de una bomba de mochila) y esta mezcla esparcirla sobre 1 m<sup>3</sup> (menos de media tonelada de residuos). La manera correcta de esparcir la mezcla es nebulizándola y con la ayuda del sistema de riego las partículas cubren toda el área de los residuos.

En resumen con 1 galón de EM, que debe ser activado, se obtiene 80 litros de EMA y esos 80 litros de EMA se aplicarán en los residuos orgánicos que ingresan en todo un mes.

Una vez que se obtiene el abono, una pequeña cantidad se esparce sobre la pila de compost que se va a manejar, ya que el abono contiene microorganismos que pueden seguir siendo activados con los residuos orgánicos que ingresan.

### **Manejo de las Pilas de compostaje**

Para llevar a cabo el proceso de compostaje aerobio fue fundamental llevar los registros de los datos más relevantes como son: Número de volteos, temperatura del material, temperatura del invernadero, porcentaje de humedad de los residuos, control de riego, pH, entre otros. Se llevó un registro completo del manejo en el invernadero como se muestra en el siguiente cuadro. (Anexo 13, fotografías 37, 38, 39, 40, 41).

MANEJO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS DEL INVERNADERO										
PILA :										
MES:										
Responsable:										
DÍA	Residuos (Kg)	Parroquia	Total Semana	Volteos	Riego	Temperatura	Humedad	pH	Abono (Kg)	
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
TOTAL										

**Cuadro 7.** Manejo de los residuos orgánicos en el invernadero

### **Control de la temperatura**

La temperatura se tomó en el núcleo de las hileras, considerando la longitud de la hilera se tomó la temperatura en dos puntos equidistantes y se tomó el valor promedio aritmético entre los dos puntos.

### **Control de la humedad**

Se procedió con el siguiente procedimiento empírico.

- Se tomó con la mano una muestra del material.
- Se cerró la mano y se apretó fuertemente el mismo.
- Si salió un hilo de agua continuo del material, entonces se concluye que el material contiene más de un 40% de humedad.
- Si no se produjo un hilo continuo de agua y el material gotea intermitentemente, se establece que el contenido de humedad es inferior al 40%.
- Si el material no gotea y al abrir el puño de la mano, este permaneció moldeado, la humedad está entre un 20 y 30%, este es el valor adecuado de los residuos.
- Si se abrió el puño y el material se disgregó, el material contiene una humedad inferior al 20%.

### **Control de aireación y riego por temperatura**

Cuando se apreciaba que ha decrecido la temperatura, después de haber alcanzado el valor máximo en la etapa termogénica; se realizó las aireaciones a través del volteo del material. El riego se realizó por aspersión de para no producir cambios bruscos de temperatura. Se realizó una aireación o volteo dos veces por semana durante las primeras 4 semanas.

### **Control de patógenos**

La mayoría de patógenos muere a temperaturas aproximadas de 65°C, si se mantiene esta temperatura al menos cuatro horas en el proceso, adicionalmente se mantuvo los residuos orgánicos en condiciones operacionales a 40°C durante 3 días y en la etapa termogénica se realizó 5 volteos en cada hilera. Así mismo la aplicación de los microorganismos comerciales sirvió para el control de los patógenos.

### **Control de olores**

La mayoría de los problemas de olores están asociados al desarrollo de condiciones anaerobias dentro de la hilera del compost. En condiciones no controladas existe predominancia de la fase ácida, liberando compuestos volátiles que desprenden olores

desagradables. Para minimizar estos problemas se controló el exceso de humedad en las hileras de compost y aplicando los microorganismos comerciales, además la cubierta tipo invernadero permite que la temperatura no se eleve demasiado y las lluvias no ingresen al material orgánico.

### **Control de pH**

Constituye una de las variables más importantes en el manejo del compost, por lo que del pH depende la actividad microbiológica de los diferentes microorganismos que actúan en el proceso.

### **3.3.5. Análisis financiero de la planta de compostaje**

Se realizó un análisis financiero sobre la producción de abono en la planta de compostaje y su comercialización; lo cual servirá de ingreso extra al relleno Sanitario de Antonio Ante.

#### **3.3.5.1. Costo en materiales y equipos**

Para el estudio se necesitó la cubierta tipo invernadero, el sistema de riego y eléctrico, la banda transportadora, la picadora, tamiz, termómetro, potenciómetro, microorganismos comerciales, la minicargadora para obtener la planta de compostaje.

#### **3.3.5.2. Costo de mano de obra**

Se requiere de tres personas para realizar la clasificación de los residuos orgánicos, y para el proceso de trituración y transporte del material se requiere una persona más.

#### **3.3.5.3. Costo fijo**

En el costo fijo se encuentra el costo por mano de obra y el costo por suministro de agua y energía. Se encuentra dentro de los costos fijos el Costo por depreciación de equipo y maquinaria y el costo de reparación y mantenimiento de maquinaria e instalaciones que se establece sobre la base del 2% anual del costo de la maquinaria o equipo.

#### **3.3.5.4. Costo variable**

Forman parte de los costos variables el costo de materia prima, costo de equipo y maquinaria y el costo de las herramientas de trabajo.

### **3.3.5.5. Costo de producción**

Integrado por los siguientes costos.

- Costo de mano de obra. Costo de materia prima.
- Costo de fabricación (costo de maquinaria y equipos empleados en el proceso de producción y el costo de suministros de energía).

Aparte de todos estos análisis, también se calculó la rentabilidad de la planta de compostaje, es decir el valor actual neto, la tasa interna de retorno, el plazo de recuperación de la inversión y la relación beneficio/costo.

### **3.3.6. Capacitación en la zona rural sobre la clasificación de los residuos**

En algunas comunidades del cantón , específicamente en la zona Rural de la Parroquia de San Roque se trabajó en un plan piloto, el cual consistió básicamente en aprovechar los residuos orgánicos in situ mediante la elaboración de abonos para sus terrenos o alimento para sus animales, prácticas que varias personas ya las realizan por tradición ancestral.

Se explicó un proceso sencillo de preparar compost en casa:

- 1) Nivelar el terreno, proteger de vientos y tener acceso al agua para regar el compost.
- 2) Seleccionar un área de 1m de ancho, el largo de la compostera dependerá del material.
- 3) Colocar una capa de 5 cm de material seco: hojas secas, pasto seco, etc.
- 4) Alternar una capa de tierra, residuos orgánicos, cal o ceniza para evitar malos olores hasta completar una altura de 1m cubriendo la última capa con cal o restos de cosecha. Colocar un tubo perforado en el centro de la compostera para que sirva como aireación y regar la compostera.
- 5) Después de llenar la compostera dejar descansar 3 meses, realizar volteos y humedecer la cama después del volteo. El compost está listo cuando tiene consistencia de la tierra y no tiene mal olor.

Con esta metodología, se logró una verdadera participación y generar un desarrollo local con identidad cultural, por medio de la concertación y el diálogo, abriendo espacios en los cuales la ciudadanía opinó y fue parte del proceso, compartiendo responsabilidades y decisiones con los beneficiarios y beneficiarias del proyecto, con un enfoque intercultural y de género. (Anexo 14)

## CAPÍTULO IV

### 4.0. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. EDUCACIÓN AMBIENTAL

A través de las diferentes actividades como talleres ambientales, festivales ambientales, capacitaciones puerta a puerta, seguimientos de rutas, inspecciones a hogares, y escuelas sobre la clasificación de los residuos; se sumó la población de San Roque a la clasificación los residuos. Ahora un 78,79% de la población Antaña (40.000 personas) son las que clasifican los residuos en la fuente, ubicadas principalmente en las parroquias de Atuntaqui, Andrade Marín, Natabuela y se sumó San Roque.

**Cuadro 8:** Educación Ambiental en parroquia San Roque

EDUCACIÓN AMBIENTAL EN LA PARROQUIA DE SAN ROQUE		
UNIDAD	GRUPO	ACTIVIDAD
JARDIN	San Roque	Festival, inspección
	La Merced	Festival, inspección
ESCUELA	Dolores Sucre	Festival, inspección
	José Joaquín de Olmedo	Festival, inspección
	José María Pérez Muñoz	Festival, inspección, taller
	Benito Juárez	Festival, inspección
	Ciudad de Ibarra	Festival, inspección
	Leonardo Pérez Muñoz	Festival, inspección, taller
BARRIO	Santa Rosa	Capacitación, taller, inspección, seguimiento
	San Agustín	Capacitación, taller, inspección, seguimiento
	San Alfonso	Capacitación, taller, inspección, seguimiento
	San Miguel	Capacitación, taller, inspección, seguimiento
	La Cantarilla	Capacitación, taller, inspección, seguimiento
	La Delicia	Capacitación, taller, inspección, festival
	Centro	Capacitación, festival, inspección, seguimiento
SECTOR	Pucará	Capacitación, taller, inspección, seguimiento
	La Esperanza	Capacitación, taller, inspección, seguimiento
	Agualongo de Paredes	Capacitación, inspección, seguimiento
	Cerotal	Capacitación, festival, inspección, seguimiento
	Sagrado corazón	Capacitación, inspección, seguimiento
	La Merced	Capacitación, taller, festival, seguimiento

#### 4.1.1. Separación en la Fuente

El proceso de separación en la fuente para esta tesis se aplicó específicamente en la parroquia de San Roque, donde se incluyó a todos los pobladores del sector para que separen sus residuos en orgánico e inorgánico.

Según los registros, se capacitó a 950 familias acerca de cómo clasificar sus residuos, involucrando a toda la población en el proceso de separación en la fuente.

Este resultado es sumamente importante para la investigación, ya que un 65% de los residuos producidos en los domicilios son orgánicos, por lo cual, tenemos varios beneficios como se detalla en el siguiente cuadro. (Anexo 15)

**Cuadro 9.** Beneficios del reciclaje de residuos orgánicos

<b>Aspectos</b>	<b>Principales Beneficios</b>
Ambiental	Se recicla los residuos orgánicos que conforman el mayor % de la producción domiciliaria Se genera menos cantidad de lixiviados en el relleno sanitario. Se aumenta la vida útil del relleno sanitario y por ende se disminuye el impacto ambiental.
Económico	El abono orgánico producido se puede comercializar o se utiliza en los parques y jardines del cantón disminuyendo costos por abono. Al aumentar la vida útil del relleno se ahorra inversión de recursos.
Social	Se generan aprendizajes en la población que benefician la calidad de vida de todo el cantón. Se mejora el servicio y cobertura

#### 4.1.2. Material informativo en el proceso de educación ambiental

Como parte de los resultados de educación ambiental, se obtuvieron diferentes materiales de apoyo en las capacitaciones, talleres, festivales, seguimientos; estos fueron subcontratados con especialistas en diseño gráfico, para este caso: trípticos, afiches, stickers. Los recipientes para clasificación fueron adquiridos por el Municipio de Antonio Ante y pagados por los beneficiarios finales. (Anexo 16)

#### 4.1.3. Recolección diferenciada de residuos orgánicos e inorgánicos.

Se cuenta ya con el proceso de recolección diferenciada en las parroquias de Atuntaqui, Andrade Marín y Natabuela. Para este trabajo investigativo se aumentó al proceso de recolección diferenciada la parroquia de San Roque. Los residuos orgánicos se aprovecha en el relleno sanitario para la elaboración del abono, a excepción de la Parroquia de Natabuela que tiene su propia planta de compostaje, y la parte rural de la Parroquia de San Roque donde se aplicó un sistema de realización de compost en sus terrenos. El sistema de recolección diferenciada se da de la siguiente manera.

**Cuadro 10.** Sistema de recolección diferenciada por Parroquia

PARROQUIA	TIPO DE RESIDUO	DIAS DE RECOLECCIÓN	OBSERVACIONES
ATUNTAQUI	Orgánico	Lunes, Miércoles, Viernes	Atuntaqui y Andrade Marín tiene el mismo horario de recolección
	Inorgánico	Martes y Jueves	
ANDRADE MARIN	Orgánico	Lunes, Miércoles, Viernes	
	Inorgánico	Martes y Jueves	
SAN ROQUE	Orgánico	Lunes y Jueves	En la parte Rural no se retira lo Orgánico
	Inorgánico	Martes, Miércoles, Jueves, Viernes	
NATABUELA	Orgánico	Martes y Jueves	El Miércoles se retira reciclable (papel, cartón, plástico)
	Inorgánico	Lunes y Viernes	
CHALTURA	Orgánico	Lunes, Miércoles, Viernes	No realizan la clasificación
	Inorgánico		
IMBAYA	Orgánico	Se encarga de la recolección la Junta	Se entregó el carro recolector a la Junta Parroquial
	Inorgánico		

Se realizó un seguimiento al carro recolector de San Roque, para lo cual se cuenta con la ruta de seguimiento a través del sistema de rastreo satelital. [www.rastroseguro.com](http://www.rastroseguro.com)

**Figura 9: Rastreo satelital**

The screenshot shows a web application interface for GPS satellite tracking. The main window displays a table titled 'Detalles del historial' with the following columns: Localizador, Hora de GPS, Hora recibida, Posición, Latitud, Longitud, Localización, Altitud, Velocidad, Ángulo, Tipo de..., Satélites, La seña..., Jornada..., and Tiempo... The table contains 18 rows of data for vehicle 'R - 04 RSR...' with coordinates around 0.332873, -78.218603 and an altitude of 2405. The interface also includes search filters for date and time, and a sidebar with navigation controls.

**Cuadro 11: Recolección residuos sólidos parroquia San Roque**

		<b>TIPO</b>	<b>Recolector</b>
		<b>VEHÍCULO</b>	Capacidad
Año	2008		
Combustible	Diesel		
Estado de conservación	Regular		
Observación	Zona Rural no se retira lo Orgánico		
<b>DÍAS Y TIPO DE RECOLECCIÓN</b>	Orgánico	Lunes y Jueves	
	Inorgánico	Martes, Miércoles, Jueves y Viernes	
	Observación	Zona Rural no se retira lo Orgánico	
<b>RECORRIDO DIARIO Km /Día</b>	Promedio diario	35.16 Km	
	Promedio semanal	175.80 Km	
	Tiempo	8 horas	
	Horario	7:00 - 15:00	
<b>TIEMPOS MUERTOS</b>	Promedio Diario	63 minutos	
	Promedio Semanal	5 horas 15 minutos	

**Grafico 2:** Ruta de Recolección de Residuos Sólidos parroquia San Roque



— Ruta de Recolección: Zona Urbana

— Ruta de Recolección: Zona Rural.

**UBICACIÓN:** Parroquia San Roque

**DISTANCIA:** 5Km

**ELABORADO POR:** Santiago Erazo Rivera.



#### 4.1.4. Educación ambiental y manejo de mercados

Con el trabajo que se emprendió en los dos mercados principales del cantón, se benefició directamente a 1300 vendedores, y se logró obtener mercados más limpios, que clasifican sus residuos, sin fuente de contaminación y los usuarios obtienen un mejor servicio.

##### 4.1.4.1. Capacitaciones a los vendedores de los mercados

Se realizó una capacitación sobre mercados saludables a comerciantes de los 2 mercados principales del cantón. 10 Asociaciones; 866 comerciantes fueron los beneficiarios de dicha capacitación. Para las capacitaciones se contrató a CAAA Seminarios (talento humano capacitación y formación) de la ciudad de Riobamba, en donde se dictaron en total 10 capacitaciones en diferentes días y con el cronograma establecido. (Anexo 17)

**Cuadro 12.** Asociaciones del Mercado Central y de Andrade Marín capacitadas.

NOMBRE ASOCIACIÓN	SOCIOS	CAPACITADOS	TEMAS
Asociación de carnicos San Francisco	40	34	Manipulacion e inocuidad de los alimentos. Modernizacion de mercados.
ASOVEP (Asociación de vendedoras de pollos)	21	18	Manipulacion e inocuidad de los alimentos. Modernizacion de mercados.
Asociación Anteños de comidas preparadas	21	21	Manipulacion e inocuidad de los alimentos. Modernizacion de mercados.
Asociación de artículos varios Atuntaqui	57	57	Modernización de mercados y atención al cliente
Asociación de frutas 25 de Enero	9	7	Modernización de mercados y atención al cliente
Asociación de verduras 19 de Marzo	78	78	Manipulacion e inocuidad de los alimentos. Modernizacion de mercados.
Asociación de textiles Libertad	209	209	Atención al cliente y servicios de calidad. Motivación al cambio y relaciones interpersonales
Asociación de varios 16 de Mayo	203	203	Manipulacion e inocuidad de los alimentos. Modernizacion de mercados. Atención al cliente y servicios de calidad. Motivación al cambio y relaciones interpersonales
Asociación de vendedores de papas	60	55	Atención al cliente y servicios de calidad. Motivación al cambio y relaciones interpersonales
Independientes	131	131	Manipulacion e inocuidad de los alimentos. Modernizacion de mercados. Atención al cliente y servicios de calidad. Motivación al cambio y relaciones interpersonales
Mercado Andrade Marín	53	53	Atención al cliente y servicios de calidad. Motivación al cambio y relaciones interpersonales
<b>TOTAL</b>	<b>882</b>	<b>866</b>	

#### **4.1.4.2. Dotación de Tachos a los mercados**

En el mercado central de Atuntaqui los días viernes se realizan ferias textiles, y los días sábados y domingos se realizan la feria de frutas, verduras y todos los productos de primera necesidad. Una vez concluida la jornada laboral en estos días de feria, los tachos de basura no dan abastecimiento a la cantidad de residuos generados, ni mucho menos se clasificaba. Se decidió crear dentro del mercado los puntos limpios, espacios estratégicos para que los comerciantes y los clientes desechen sus residuos en los tachos que se dispondrán. Es decir además de los tachos que cuentan ya los mercados, se decidió disponer de 24 tachos mas para la disposición final de los residuos. 16 tachos en el mercado central, divididos en 8 negros y 8 verdes; y 8 tachos en el mercado de Andrade Marín 4 verdes y 4 negros. (Anexo 18 fotografía 45)

#### **4.1.4.3. Entrega de Contenedores a los mercados**

Se decidió dotar de 5 contenedores al mercado central, 3 contenedores de residuos orgánicos y 2 contenedores de residuos inorgánicos (tomando en cuenta que en los mercados la mayor cantidad de generación es de residuos orgánicos). De la misma manera se dotó de 2 contenedores al mercado de Andrade Marín; un contenedor de residuos orgánicos, y un contenedor de residuos inorgánicos. Se invirtió 4500USD. (Anexo 18 fotografía 46)

## **4.2. IMPLEMENTACIÓN DE UN ESPACIO EXCLUSIVO DENTRO DEL RELLENO SANITARIO PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS**

Gracias a la decisión política y técnica se logro obtener la planta de compostaje para el manejo integral de los residuos orgánicos. En la actualidad se cuenta ya con la infraestructura tipo invernadero, la plancha de cemento para secar la materia orgánica, el espacio para el tamizado de los residuos, el área de descarga, los sistemas eléctricos y de riego. Así también se cuenta con equipos, herramientas e insumos que permiten la mejor descomposición de los residuos. La minicargadora, la picadora, la banda transportadora, el termómetro, el potenciómetro y los microorganismos comerciales representan los materiales que permiten optimizar tiempo y dinero en el proceso de descomposición de la materia orgánica para obtener compost. (Anexo 19 y 20)

## **4.3. SISTEMA DE PESAJE DE LOS RESIDUOS GRACIAS A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA BÁSCULA.**

### **4.3.1. Producción de residuos sólidos en el cantón Antonio Ante**

Gracias a la implementación de la báscula dentro del Relleno Sanitario de Antonio Ante, se cuenta ya con sistema de pesaje para los residuos sólidos recolectados; este sistema estadístico permite estimar la cantidad de residuos sólidos que ingresan al relleno sanitario de Antonio Ante. Gracias a este proceso; se determinó un promedio de ingreso de residuos sólidos de 17, 21 Toneladas/día (Tn/día) para el primer semestre del año 2012. (Febrero a julio 2012).

Según este sistema, también se pudo determinar que el 72.8% de residuos sólidos corresponden al material inorgánico y el 27.01% al orgánico; mientras que el 0.19% corresponde a Biopeligrosos.

Por lo tanto, la cantidad de residuos orgánicos que ingresan al relleno sanitario es de 4.64 Tn/día y el material inorgánico es de 12.53 Tn/día (contando los 7 días a la semana).

### 4.3.2. Tasa per cápita de los residuos sólidos

La tasa per cápita se calcula en función al peso registrado en un día para el número de habitantes (MUÑOZ, 2008).

$$\text{TPC (Kg/hab/día)} = \frac{\text{Peso registrado en un día}}{\text{N° de habitantes}}$$

La tasa per cápita de generación proyectada del cantón Antonio Ante para el año 2012 es de 0.54 Kilogramos/habitante/día (Kg/hab/día). Mientras que la tasa per cápita de ingreso de los residuos al relleno sanitario, es de 0.34 Kg/hab/día.

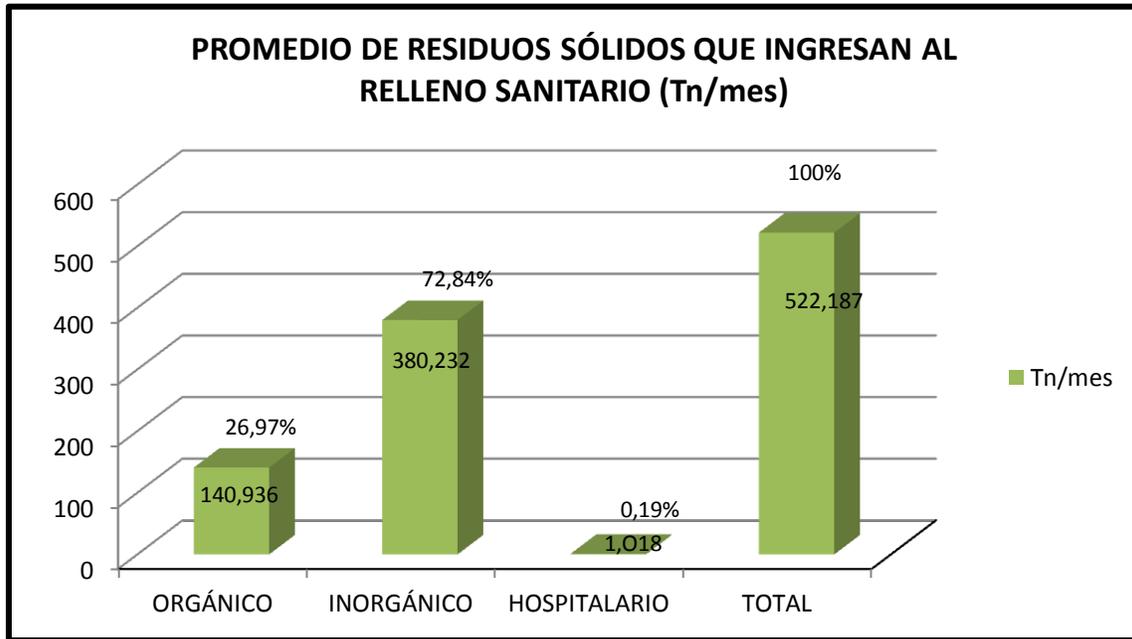
### 4.3.3. Ingreso total de los residuos sólidos al relleno sanitario

TOTAL DE RESIDUOS QUE INGRESA AL RELLENO (Tn)								
MES/TIPO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	PROMEDIO	PORCENTAJE
ORGANICO	136.4	154.68	160.55	142	125.9	126.09	140.936667	26.97%
INORGANICO	389.37	384.715	377.49	400.29	337.86	391.67	380.2325	72.84%
HOSPITALARIO	0.75	1.26	1.02	0.93	0.98	1.17	1.01833333	0.19%
<b>TOTAL</b>	<b>526.52</b>	<b>540.655</b>	<b>539.06</b>	<b>543.22</b>	<b>464.74</b>	<b>518.93</b>	<b>522.1875</b>	<b>100.00%</b>

PROMEDIO DE RESIDUOS SOLIDOS QUE INGRESAN AL RELLENO SANITARIO (Tn/mes)			
ORGÁNICO	INORGÁNICO	BIPELIGROSOS	TOTAL
140.936	380.232	1.018	522.187
26.97%	72.84%	0.19%	100.00%

La mayor cantidad de producción mensual de residuos corresponde al material inorgánico. Una relación aproximada de 3 a 1 representa la cantidad de residuos inorgánicos que ingresan al relleno en relación a los residuos orgánicos. Los residuos hospitalarios y biopeligrosos representa una mínima cantidad en relación a los otros dos antes mencionados.

**Grafico 4:** Promedio mensual de los residuos sólidos que ingresan al relleno sanitario



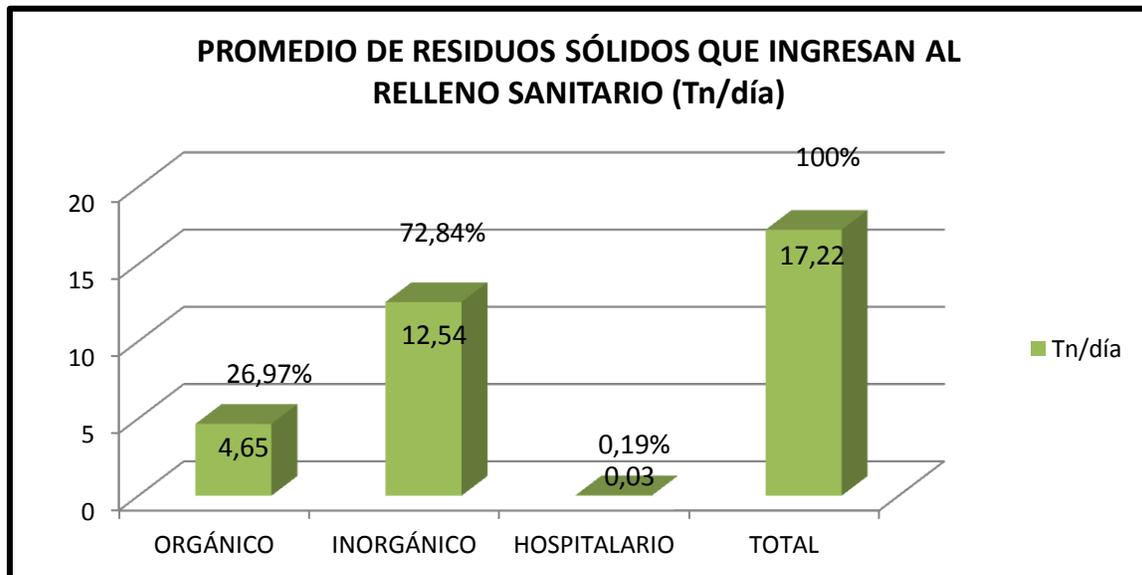
#### 4.3.4 Promedio de ingreso diario de residuos sólidos al relleno sanitario

PROMEDIO DÍA DE INGRESO DE RESIDUOS AL RELLENO Tn (7 DIAS A LA SEMANA)								
MES/TIPO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	PROMEDIO	PORCENTAJE
ORGANICO	4.7	4.99	5.35	4.58	4.2	4.06	4.64666667	27.01%
INORGANICO	13.43	12.41	12.58	12.91	11.26	12.63	12.53666667	72.80%
HOSPITALARIO	0.026	0.041	0.034	0.03	0.03	0.037	0.033	0.19%
TOTAL	18.156	17.441	17.964	17.52	15.49	16.74	17.2185	100.00%

PROMEDIO DE RESIDUOS SOLIDOS QUE INGRESAN AL RELLENO SANITARIO (Tn/día)			
ORGÁNICO	INORGÁNICO	BIPELIGROSOS	TOTAL
4.65	12.54	0.03	17.22
26.97%	72.84%	0.19%	100.00%

Diariamente ingresan al relleno sanitario más de 17 Tn de residuos sólidos. El 72% de estos residuos corresponde al material inorgánico. Lo que representa que existe mayor producción de residuos inorgánicos y simplemente la gente se niega a clasificar sus desechos.

**Grafico 5:** Promedio diario de los residuos sólidos que ingresan al relleno Sanitario.



#### 4.3.5. Ingreso de residuos orgánicos al relleno sanitario por parroquia

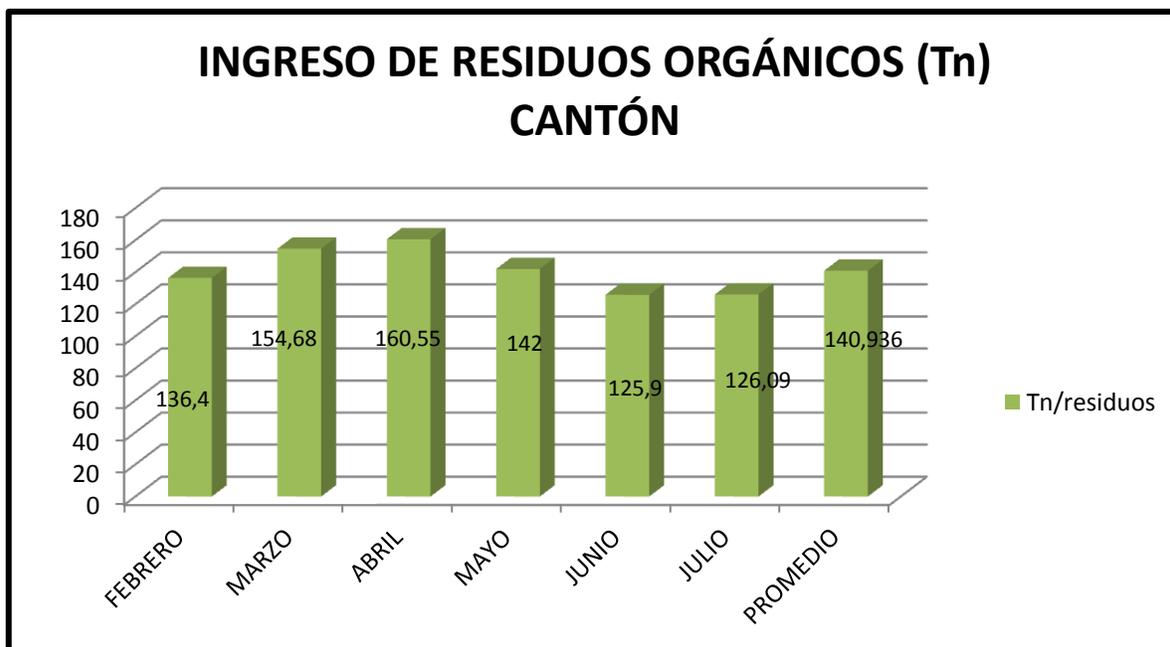
RESIDUOS ORGANICOS POR PARROQUIA MENSUAL (Tn)								
MES/PARROQUIA	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	PROMEDIO	PORCENTAJE
ATUNTAQUI	75.9	92.17	98.72	83.15	75.91	76.56	83.735	59.38%
ANDRADE MARIN	52.44	48.65	45.55	44.01	40.15	38.68	44.9133333	31.97%
SAN ROQUE	8.06	13.86	16.28	14.84	9.84	10.85	12.2883333	8.65%
CHALTURA	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	
NATABUELA	AP	AP	AP	AP	AP	AP	AP	
IMBAYA	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	
<b>TOTAL</b>	<b>136.4</b>	<b>154.68</b>	<b>160.55</b>	<b>142</b>	<b>125.9</b>	<b>126.09</b>	<b>140.936667</b>	<b>100.00%</b>

NC: NO CLASIFICA  
AP: ACOPIO PROPIO

INGRESO DE RESIDUOS ORGANICOS (Tn) CANTÓN						
FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	PROMEDIO
136.4	154.68	160.55	142	125.9	126.09	<b>140.936667</b>

La mayor cantidad de residuos orgánicos que ingresan al relleno corresponden a la parroquia de Atuntaqui con más del 50%. Tomando en cuenta que solamente de 3 parroquias ingresan residuos orgánicos al relleno sanitario y que la mayoría de la población habita en Atuntaqui, es un resultado esperado.

**Grafico 6:** Ingreso mensual de residuos orgánicos al relleno sanitario.



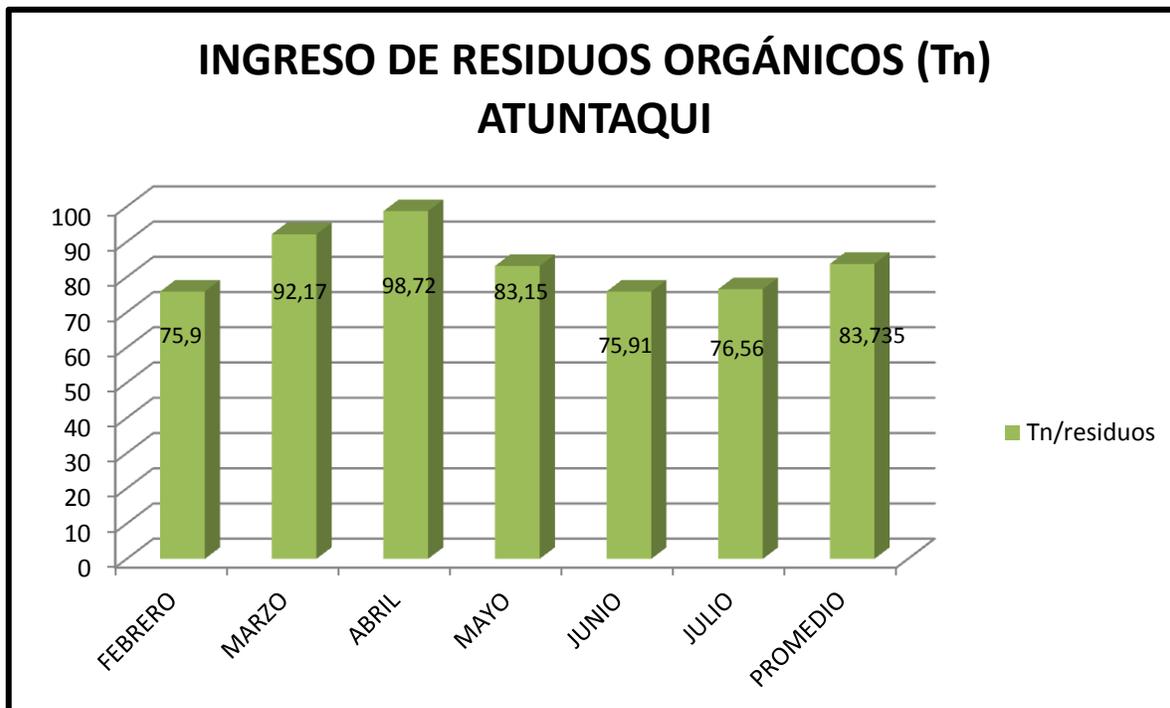
#### 4.3.6 Ingreso mensual de residuos orgánicos por parroquia

##### ATUNTAQUI

FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	PROMEDIO
75.9	92.17	98.72	83.15	75.91	76.56	<b>83.735</b>

El 60% de los Residuos Orgánicos que ingresan al relleno provienen de la Parroquia de Atuntaqui, tomando en cuenta que únicamente de Atuntaqui, Andrade Marín y San Roque ingresaron al proceso de separación en la fuente.

**Grafico 7:** Ingreso mensual de residuos orgánicos al relleno sanitario. Parroquia Atuntaqui.

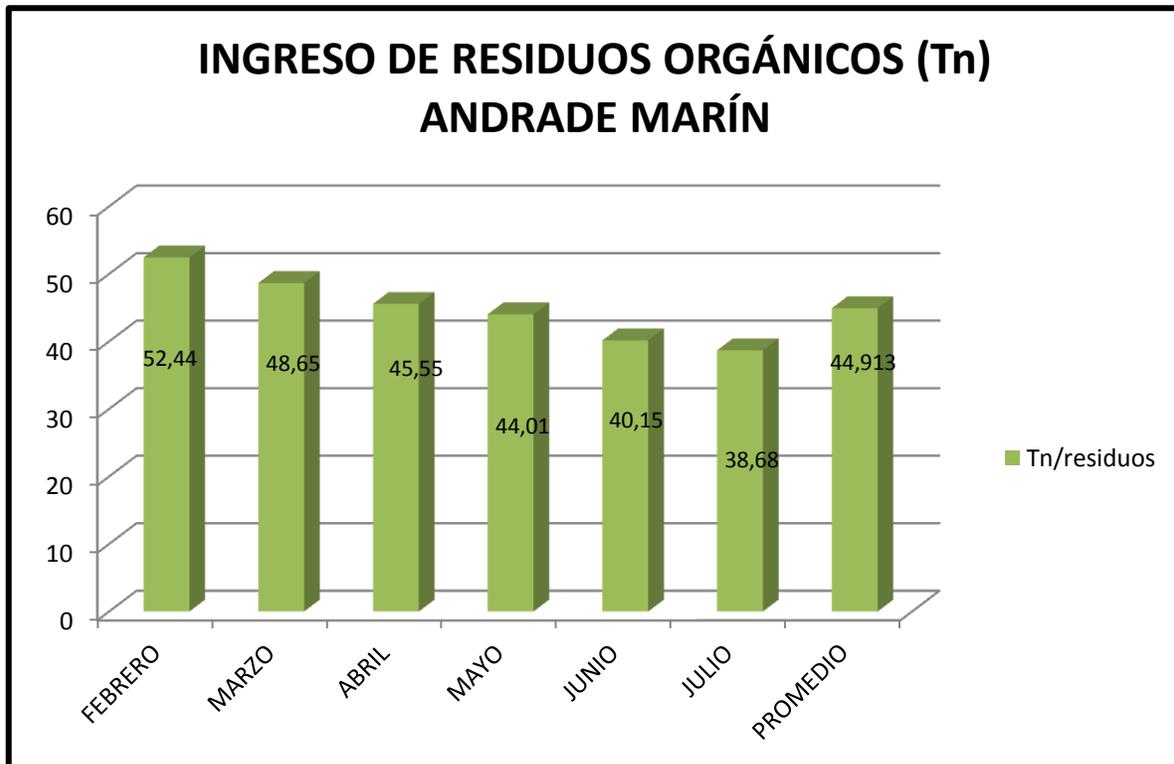


### ANDRADE MARÍN

INGRESO DE RESIDUOS ORGANICOS (Tn) ANDRADE MARIN						
FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	PROMEDIO
52.44	48.65	45.55	44.01	40.15	38.68	<b>44.9133333</b>

La parroquia de Andrade Marín también aporta con una cantidad considerable de residuos orgánicos a la planta de compostaje del relleno sanitario (31%). Cerca de 45 Tn mensuales ingresan desde Andrade Marín para obtener compost.

**Grafico 8:** Ingreso mensual de residuos orgánicos al relleno sanitario. Parroquia Andrade Marín.

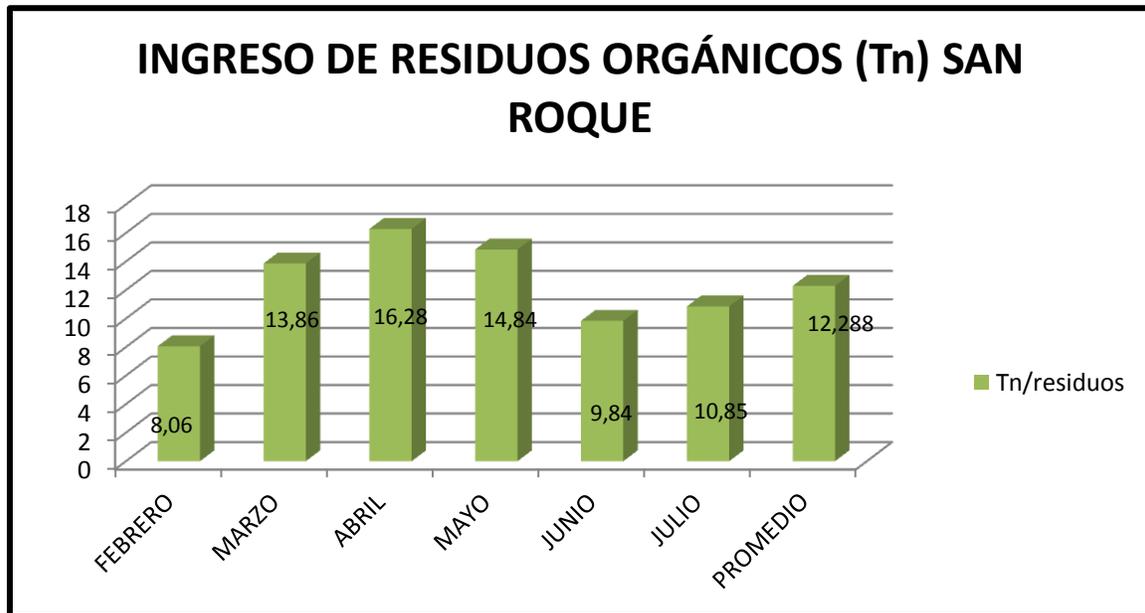


### SAN ROQUE

FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	PROMEDIO
8.06	13.86	16.28	14.84	9.84	10.85	<b>12.2883333</b>

De la parroquia de San Roque ingresa el 9% de residuos orgánicos al relleno sanitario, toando en cuenta que únicamente se hace la recolección de material orgánico en el área urbana ya que en la zona rural utilizan los residuos como abono para sus terrenos o para dar de comer a sus animales.

**Grafico 9:** Ingreso mensual de residuos orgánicos al relleno sanitario. Parroquia San Roque.

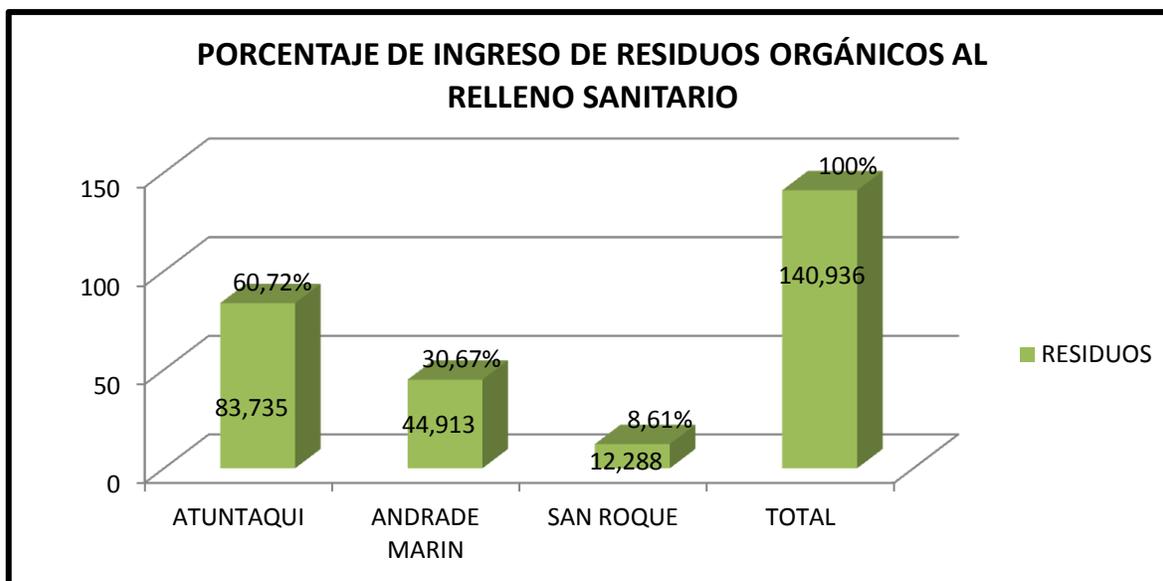


#### 4.3.7. Porcentaje de ingreso de residuos orgánicos al relleno sanitario por parroquia

PORCENTAJE DE INGRESO DE RESIDUOS ORGANICOS AL RELLENO SANITARIO			
ATUNTAQUI	ANDRADE MARIN	SAN ROQUE	TOTAL
83.735	44.913	12.288	<b>140.936</b>
60.72%	30.67%	8.61%	<b>100%</b>

Como ya era obvio Auntaqui aporta con la mayor cantidad de residuos orgánicos a la planta de compostaje ya que poseen un mayor número de habitantes a diferencia de las otras parroquias. San Roque aporta con la menor cantidad porque posee poca población y porque en la zona rural no se retira el material orgánico. La Parroquia de Natabuela también separa sus residuos y cuentan con su propia planta de compostaje. Chaltura e Imbaya aún no ingresan al proceso de separación en la fuente por lo tanto todos sus desechos son comunes e ingresan a la celda de inorgánico.

**Grafico 10:** Porcentaje de ingreso de residuos orgánicos al relleno sanitario.



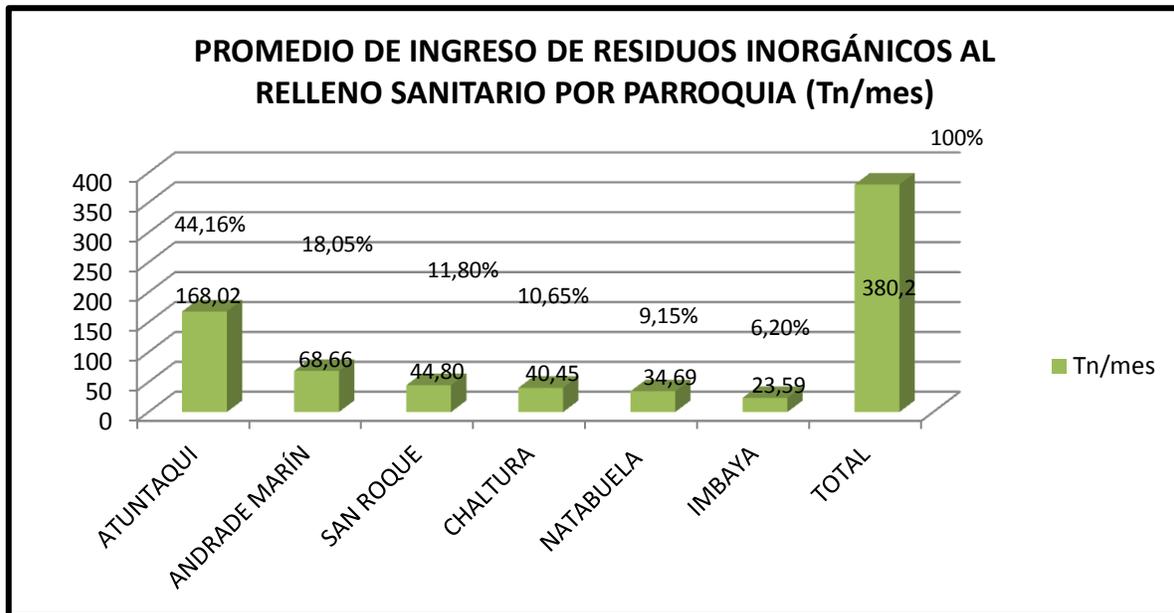
#### 4.3.8. Ingreso de residuos inorgánicos al relleno sanitario por parroquia

RESIDUOS INORGANICOS POR PARROQUIA MENSUAL (Tn)								
MES/PARROQUIA	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	PROMEDIO	PORCENTAJE
ATUNTAQUI	160.19	170.88	162.48	186.71	147.33	180.56	168.025	44.16%
ANDRADE MARIN	87.24	64.28	64.54	71.34	59.96	64.6	68.66	18.05%
SAN ROQUE	46.66	43.755	43.25	52	43.48	39.69	44.8058333	11.80%
CHALTURA	40.2	44.5	42.1	39.64	35.51	40.8	40.4583333	10.65%
NATABUELA	34.18	35.64	37.53	26.4	32.33	42.08	34.6933333	9.15%
IMBAYA	20.9	25.66	27.59	24.2	19.25	23.94	23.59	6.20%
TOTAL	389.37	384.715	377.49	400.29	337.86	391.67	380.2325	100.00%

PROMEDIO DE INGRESO DE RESIDUOS INORGÁNICOS AL RELLENO SANITARIO POR PARROQUIA (Tn/mes)						
ATUNTAQUI	ANDRADE MARÍN	SAN ROQUE	CHALTURA	NATABUELA	IMBAYA	TOTAL
168.025	68.66	44.805	40.458	34.693	23.59	380.231
44.16%	18.05%	11.80%	10.65%	9.15%	6.20%	100.00%

Cerca del 45% de los residuos inorgánicos que ingresan al relleno sanitario, provienen de la parroquia de Atuntaqui, la parroquia con mayor número de habitantes y con gran actividad comercial. Mientras que la parroquia de Imbaya aporta únicamente con el 6% de sus residuos orgánicos al relleno sanitario tomando en cuenta que es la parroquia con el menor número de habitantes del cantón

**Grafico 11: Promedio de ingreso de residuos inorgánicos al relleno sanitario por parroquia.**

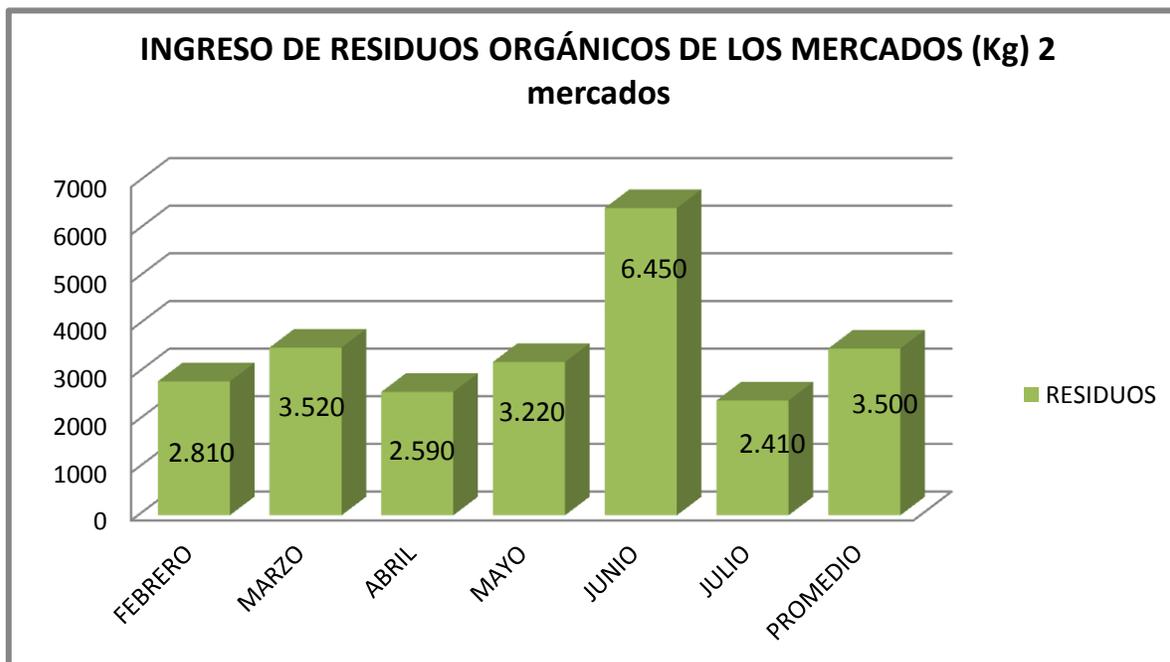


**4.3.9. Ingreso de residuos orgánicos al relleno sanitario, proveniente de los mercados**

INGRESO DE RESIDUOS ORGANICOS DE LOS MERCADOS (Kg) 2 mercados						
FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	PROMEDIO
2810	3520	2590	3220	6450	2410	<b>3500</b>

Gracias al proceso de capacitación en los mercados los comerciantes se han sumado al proceso de separación de los residuos en orgánicos e inorgánicos. En el mes de Junio se entregaron los tachos y los contenedores clasificadores lo cual permitió que los comerciantes separen mayor cantidad de sus residuos. Son aproximadamente 3,5 Tn de residuos orgánicos las que ingresan al relleno sanitario proveniente de los mercados.

**Grafico 12:** Ingreso residuos orgánicos desde los mercados al relleno sanitario.

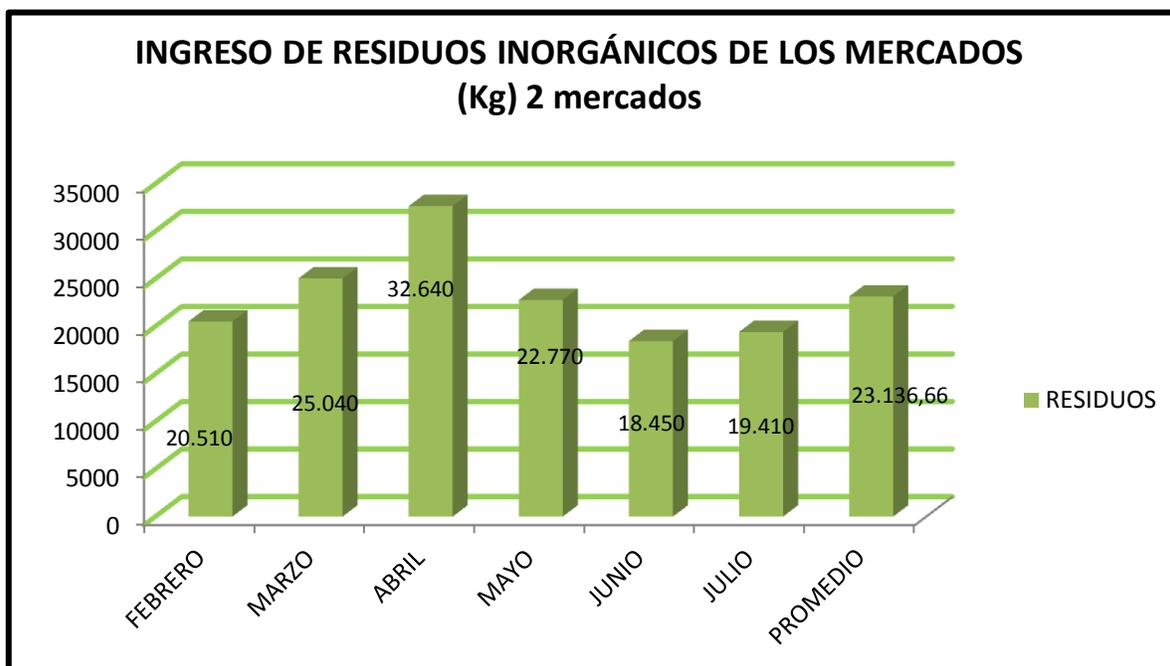


#### 4.3.10. Ingreso de residuos inorgánicos al relleno sanitario, proveniente de los mercados

FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	PROMEDIO
20510	25040	32640	22770	18450	19410	<b>23136.7</b>

La mayor cantidad de residuos que ingresan al relleno sanitario proveniente de los mercados corresponde al material inorgánico. La relación es 6 a 1. El mes de Junio es claro ejemplo de clasificación, se puede observar que es el mes en el que menos residuos inorgánicos y mas residuos orgánicos ingresa al relleno sanitario, tomando en cuenta que siempre la mayoría de residuos que se producen en los mercados vienen a ser orgánicos.

**Grafico 13:** Ingreso residuos inorgánicos desde los mercados al relleno sanitario.

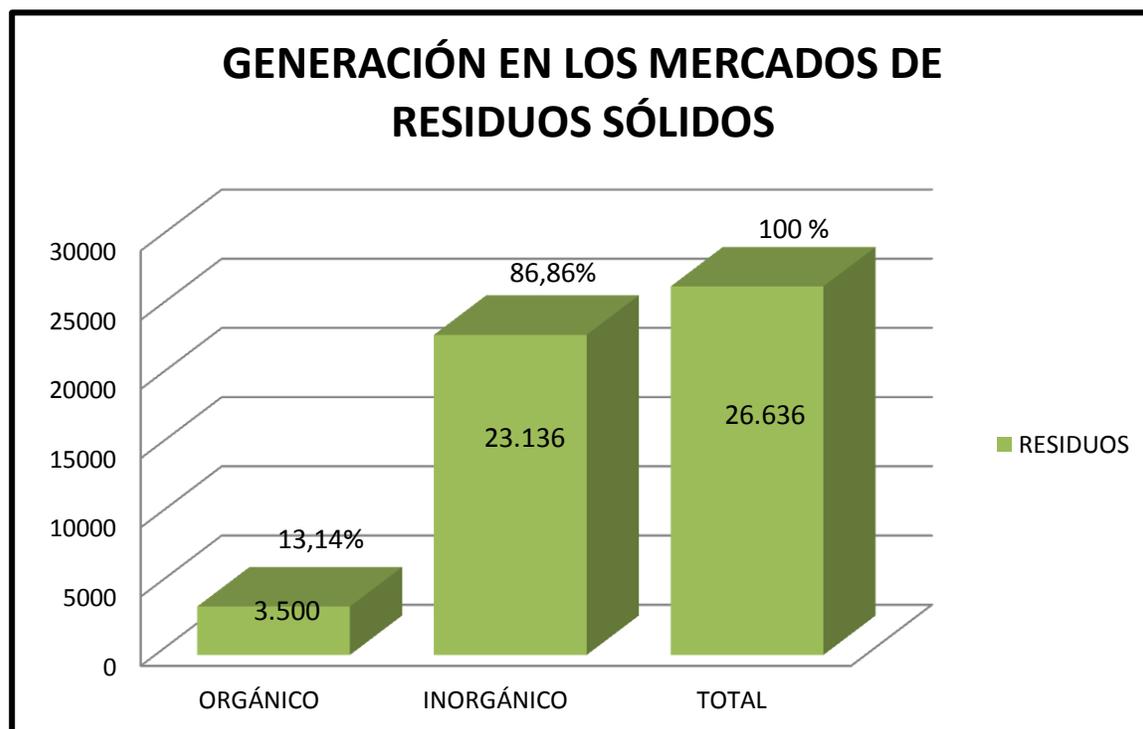


**4.3.11. Porcentaje de ingreso de los residuos sólidos al relleno sanitario proveniente de los mercados (Central y Andrade Marín)**

GENERACION EN LOS MERCADOS DE RESIDUOS SOLIDOS		
ORGÁNICO	INORGÁNICO	TOTAL
3500	23136	26636
13.14%	86.86%	100%

Más del 85% de los residuos que se producen en los mercados corresponde a material inorgánico. Aún hace falta mayor capacitación a los comerciantes y que estos tomen conciencia de la importancia de clasificar los residuos. Lo ideal sería lograr que el 85% de los residuos sean orgánicos. Aun falta mayor compromiso por parte de los comerciantes.

**Grafico 14:** Generación de residuos sólidos en los mercados.



**4.3.12. Tasa de ingreso per cápita al relleno sanitario de Antonio Ante de los residuos por parroquia (2012)**

**PARROQUIA ATUNTAQUI Y ANDRADE MARIN**

**Cuadro 13:** Residuos provenientes de Atuntaqui y Andrade Marín

<b>ATUNTAQUI Y ANDRADE MARIN (2012)</b>	
SUPERFICIE:	2623 Ha
HABITANTES:	23796
TASA CREC. POBLACIONAL	2.14%
INGRESO RESIDUOS MENSUAL	236685 Kg
PROMEDIO DIARIO	12010 Kg
<b>INGRESO PER CAPITA</b>	<b>0.50 Kg/hab/día</b>
INGRESO PER CAPITA INORG.	0.32 Kg/hab/día
<b>INGRESO PER CAPITA ORG.</b>	<b>0.18Kg/hab/día</b>

## PARROQUIA SAN ROQUE

**Cuadro 14:** Residuos provenientes de San Roque

SAN ROQUE (2012)	
SUPERFICIE:	1679 Ha
HABITANTES:	10327
TASA CREC. POBLACIONAL	1,83%
INGRESO RESIDUOS MENSUAL	57094 Kg
PROMEDIO DIARIO	1890 Kg
<b>INGRESO PER CAPITA</b>	<b>0.18Kg/hab/día</b>
INGRESO PER CAPITA INORG.	0.14 Kg/hab/día
<b>INGRESO PER CAPITA ORG.</b>	<b>0.04Kg/hab/día</b>

## PARROQUIA CHALTURA

**Cuadro 15:** Residuos provenientes de Chaltura

CHALTURA (2012)	
SUPERFICIE:	1391 Ha
HABITANTES:	3182
TASA CREC. POBLACIONAL	1,14%
INGRESO RESIDUOS MENSUAL	40458 Kg
PROMEDIO DIARIO	1335 Kg
<b>INGRESO PER CAPITA</b>	<b>0.42Kg/hab/día</b>

## PARROQUIA NATABUELA

**Cuadro 16:** Residuos provenientes de Natabuela

NATABUELA (2012)	
SUPERFICIE:	1330 Ha
HABITANTES:	5823
TASA CREC. POBLACIONAL	3.07%
INGRESO RESIDUOS MENSUAL	34693 Kg
PROMEDIO DIARIO	1145 Kg
<b>INGRESO PER CAPITA</b>	<b>0.22Kg/hab/día</b>

## PARROQUIA IMBAYA

**Cuadro 17:** Residuos provenientes de Imbaya

IMBAYA (2012)	
SUPERFICIE:	1201 Ha
HABITANTES:	1298
TASA CREC. POBLACIONAL	1.57%
INGRESO RESIDUOS MENSUAL	23590
PROMEDIO DIARIO	780
<b>INGRESO PER CAPITA</b>	<b>0.60 Kg/hab/día</b>

### 4.3.13. Cálculo de Ingreso per cápita cantón

**Cuadro 18:** Ingreso y generación per-cápita Cantón

CANTÓN ANTONIO ANTE (2012)	
SUPERFICIE:	8224 Ha
HABITANTES:	44426
TASA CREC. POBLACIONAL	1.95%
INGRESO RESIDUOS MENSUAL	392520 Kg
PROMEDIO DIARIO	17160 Kg
<b>INGRESO PER CAPITA</b>	<b>0.38 Kg/hab/día</b>
INGRESO PER CAPITA INORG.	0.27 Kg/hab/día
<b>INGRESO PER CAPITA ORG.</b>	<b>0.11Kg/hab/día</b>
TASA GENERACIÓN PERCAPITA	0.54 Kg/hab/día

(Anexo 21)

## 4.4. RESULTADOS DE LOS TRATAMIENTOS

Una vez manejadas las muestras, se procedió a comprobar el tratamiento más eficiente.

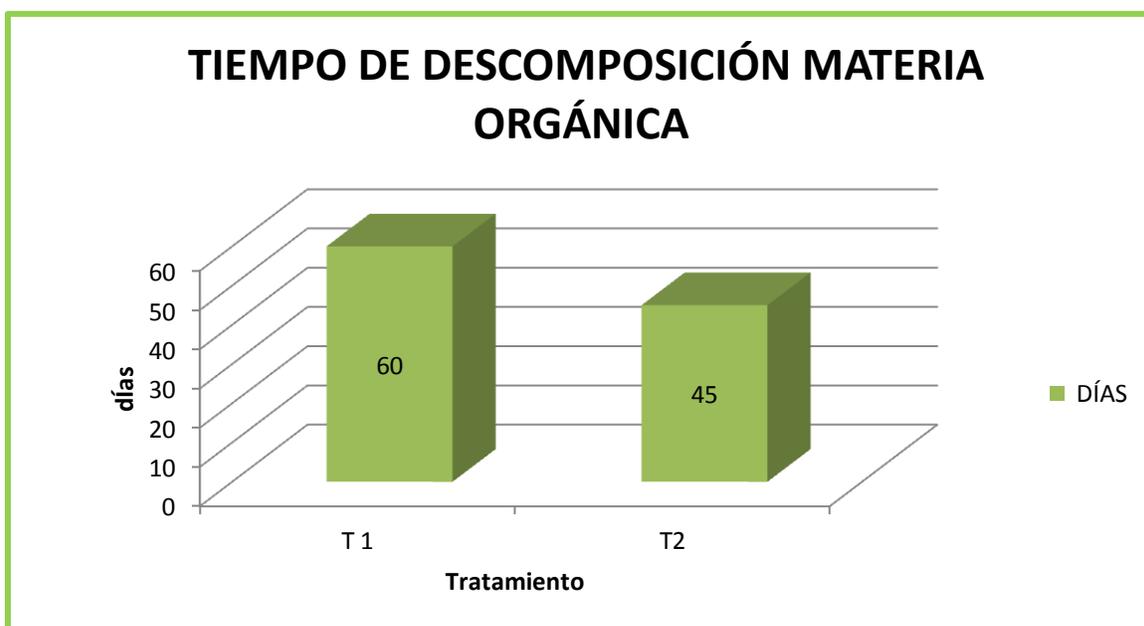
### 4.4.1. Tiempo de descomposición de los tratamientos

Para definir que el tratamiento se había descompuesto, se analizó las siguientes características: Granulometría adecuada (grano fino y de buena calidad). Color marrón oscuro. Olor agradable (a tierra). Humedad promedio del compost tamizado menor al 20%. En este sentido se determinó el siguiente tiempo de descomposición de los tratamientos.

**T1:** 1 Tn de residuos orgánicos controlando parámetros de temperatura, pH, volteos, aireación, humedad.

**T2:** 1 Tn de residuos orgánicos controlando parámetros de temperatura, pH, volteos, aireación, humedad más la aplicación de microorganismos comerciales y con el proceso de picado de los residuos.

**Grafico 15:** Tiempo de descomposición de la materia orgánica



El tratamiento 2 es el proceso con el cual se obtiene el compost en menor tiempo (45 días), por lo que representa el mejor tratamiento para aplicación de todo el proceso de descomposición ya que al menor tiempo de descomposición, mayores ingresos económicos para el relleno sanitario se obtendrán.

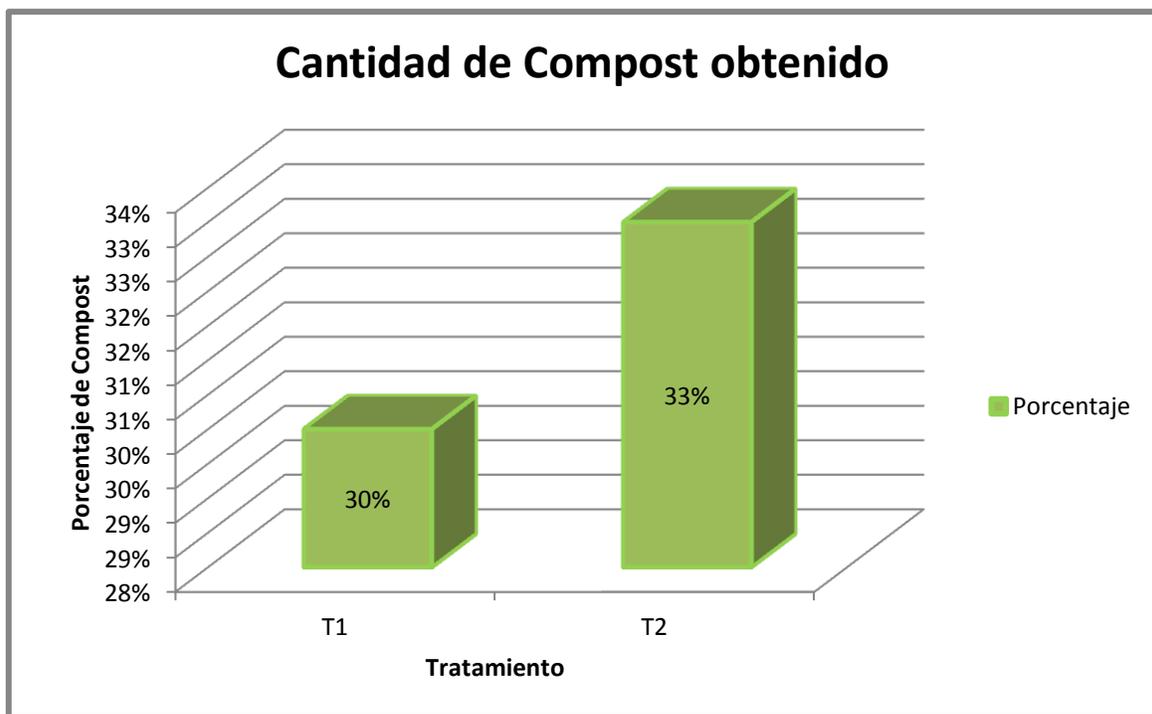
#### 4.4.2. Cantidad de compost obtenido.

Una vez establecido que la materia orgánica de los tratamientos se ha descompuesto y por ende se tiene el compost. Este se procedió a tamizarlo y pesarlo, con lo cual se obtuvieron los siguientes resultados.

T1: A partir de 1 Tn de materia orgánica se obtuvo 0,3 Tn de abono (300 Kg) lo que representa el 30%

T2: A partir de 1 Tn de materia orgánica se obtuvo 0,33 Tn de abono (330 Kg) lo que representa el 33%

**Gráfico 16:** Cantidad de compost obtenido



Como se observa en la gráfica, es el proceso que mayor cantidad de abono se obtiene partir de una tonelada de residuos orgánicos, los microorganismos comerciales que actuaron en este tratamiento descompusieron de mejor manera la materia orgánica y al momento de cernir el producto se obtuvo mayor cantidad de abono.

#### 4.4.3. Calidad del producto

Para determinar la calidad del abono obtenido, se realizó un análisis completo del compost obtenido en cada tratamiento. Estos análisis se los realizó en el laboratorio de uso múltiple de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte. (Anexo 22)

En la siguiente tabla se compara los resultados del análisis del compost a partir de los tratamientos aplicados en función a los valores medios de la composición físico-química del compost.

**Cuadro 19:** Valores medios de composición físico – química del compost.

Composición	Cantidades Óptimas	Resultado de los Análisis Finales de los Residuos	
		T1	T2
pH en H <sub>2</sub> O al 10%	7,8 - 8,0	8,48	9,74
Materia Orgánica (%)	5 - 15	3,4	15
C/N (%)	10 - 30	15,7	6,3
Humedad (%)	Menor a 20	18,10	19,0
Nitrógeno Total (N) (%)	2,5 - 5	0,17	0,75
Fósforo Total (P) (ppm)	20 a 50	62,7	76,6
Potasio (K) (meq/100ml)	0,5 – 0,8	16,75	22,45
Calcio (Ca) (meq/100ml)	6 – 7,5	15,4	4,56
Magnesio (Mg) (meq/100ml)	1,5 - 3	2	5,76
Boro (B) (ppm)	0,5 - 1	0,17	0,75
Zinc (Zn) (ppm)	3 - 10	50, 1	83,5
Cobre (Cu) (ppm)	1 - 20	87,9	86,98
Hierro (Fe) (ppm)	10 - 50	16,99	18,18
Manganeso (Mn) (ppm)	10 - 50	46,47	31,5
Densidad relativa	****	1,055	1,011
Peso inicial	Tn	1	1
Compost obtenido	Kg	300	330
Tiempo de descomposición	días	60	45

Se realizó el análisis de macro y micro nutrientes al final del proceso de compostaje para determinar la calidad del abono obtenido.

Los resultados de los tratamientos analizados se compararon con los valores medios de la composición físico – química según (Bioagro, 2001); los porcentajes de macro y micro

nutrientes pueden variar de acuerdo al tipo de sustrato que se someta al proceso de digestión biológica.

En función a los resultados obtenidos se puede observar que los rangos de pH son alcalinos en los dos tratamientos (8,48 – 9,74). El tratamiento 1 presenta un exceso de cationes como Ca y K cuyos valores se encuentran sobre los valores de bioagro. Al presentar estos resultados se concluye que la población que clasifica sus residuos aún no lo hacen de manera correcta. Se presenta gran cantidad de metales pesados lo que da a entender que los residuos orgánicos han sido mezclados con pilas, baterías, material eléctrico que posee algún tipo de metal pesado.

Con respecto a la materia orgánica, el valor medio según (Bioagro, 2001) debe estar entre 5 y 15 %. El tratamiento 2 presenta el porcentaje ideal de materia orgánica que debe poseer un abono de buena calidad. El tratamiento 1 reporta un valor de materia orgánica por debajo de lo óptimo, lo que representa que la fracción mineral se redujo por efecto del tiempo de descomposición que duró más tiempo, esta situación debido a que los residuos de este tratamiento no fueron picados por lo tanto se contaba con materiales de alto contenido de lignina y celulosa y los microorganismos no podían actuar rápidamente.

Acerca del contenido de nitrógeno los dos tratamientos poseen bajo contenido de nitrógeno (0,17% – 0,75% respectivamente) tomando en cuenta que el valor óptimo de nitrógeno oscila entre el 2,5% y 5%. Se determina que la cantidad de nitrógeno en el abono obtenido es bajo. El nitrógeno en forma de iones amonio pasa a formar parte de los microorganismos en la síntesis proteica o puede formar agregados con las partículas del suelo. Por lo tanto el nitrógeno de estos tratamientos pudo haber sido retenido en el suelo.

El compost obtenido a partir de residuos urbanos permite incorporar al suelo micronutrientes en cantidades favorables; más no macronutrientes que se obtienen de fertilizantes químicos o abonos orgánicos como humus de lombriz, biol, etc.

En función a la relación carbono/nitrógeno se puede apreciar que el tratamiento 1 posee una mayor relación, esto debido al tiempo de descomposición de los residuos

Micronutrientes como Fe, Co, Ni, Cu, Mn, Zn suelen ser utilizados como cofactores enzimáticos (ayudan a la transferencia de electrones en las reacciones de óxido reducción); estas reacciones son necesarias para transformar nutrientes de formas orgánicas a inorgánicas que pueden ser asimilados por las plantas.

Se determina que el abono con mejor calidad es el del tratamiento 2, tomando en cuenta que en este se aplica microorganismos comerciales estos influyeron para una mayor descomposición de la materia y una mejor asimilación de los nutrientes. Queda claro que la mala clasificación de los residuos provocó pH alcalinos y grandes cantidades de macronutrientes que vienen hacer tóxicos para ciertas plantas.

En conclusión el proceso de compostaje implementado en el tratamiento 2 es la mejor alternativa para manejar todos los residuos orgánicos que ingresan al relleno sanitario; el tiempo de descomposición de los residuos es de 45 días; 15 días antes de la descomposición de los residuos en el tratamiento 1; la cantidad de abono obtenido es mayor (3% más de la cantidad obtenida en el tratamiento 1) y por último la calidad del compost obtenido es mucho mejor que el tratamiento 1; ya que gracias a los microorganismos comerciales aplicados mas los residuos triturados, permitieron obtener un compost con niveles altos de micronutrientes y macronutrientes que permitirán enriquecer el suelo y fertilizar las plantas.

#### **4.4.4. Manejo de los Residuos Orgánicos.**

En el cantón se estima una producción diaria de 26 toneladas de residuos, de las caracterizaciones realizadas se tiene que el 65% son desechos orgánicos, entonces la gran mayoría de residuos se pueden reciclar mediante la producción de abonos orgánicos. Para esto es indispensable la separación en la fuente. Se realizó la separación domiciliaria lo que representa el aprovechamiento de unas 140 Ton/mes de residuos orgánicos que son procesados para la obtención de abonos orgánicos, lo que ya no se dispone en el relleno sanitario, lo cual aumenta la vida útil de esta celda y disminuye la producción de lixiviados. Se registra a través del sistema de pesaje un ingreso diario de 17.21 toneladas de residuos al relleno sanitario. De estas 17 toneladas, 4.06 toneladas representan los residuos orgánicos, lo que equivale a un 27.012 %, las cuales son procesadas para la obtención y aprovechamiento de abonos orgánicos.

El manejo de los residuos orgánicos se los hizo con microorganismos comerciales

El manejo más eficiente que permite la mejor calidad del compost y en menor tiempo corresponde al manejo técnico de los residuos controlando parámetros como pH, temperatura, humedad, aireación además de la aplicación de microorganismos comerciales y sobre todo disminuyendo el tamaño de los residuos a través de la trituración de estos.

De acuerdo al estudio y manejo de la planta de compostaje, esta permite obtener 1,14 Tn diarias de compost, lo que representa 1140 Kg, es decir 25 sacos de compost diarios. Ingresa al relleno 4,06 toneladas de residuos orgánicos diarios y se obtiene 25 sacos de compost.

**Grafico 17.** Manejo de los Residuos orgánicos en la planta de compostaje.



**Cuadro 20:** Obtención de abono mensual en la planta de compostaje.

<b>OBTENCION EN ABONO EN LA PLANTA DE COMPOSTAJE (Tn)</b>			
<b>MES</b>	<b>RESIDUOS ORGANICOS</b>	<b>ABONO OBTENIDO</b>	<b>USO</b>
<b>FEBRERO</b>	136.4	30.9	Parques del Cantón, estadios, jardines, terrenos.
<b>MARZO</b>	154.68	34.8	
<b>ABRIL</b>	160.55	36.0	
<b>MAYO</b>	142	31.9	
<b>JUNIO</b>	125.9	28.3	
<b>JULIO</b>	126.09	28.3	
<b>PROMEDIO</b>	140.93	31.65	

## 4.5. ANÁLISIS FINANCIERO DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE

Los costos operacionales de la planta de compostaje aplicando microorganismos comerciales incluyen la suma de los costos fijos más los costos variables.

### 4.5.1. Análisis económico de la planta de compostaje del Relleno Sanitario de Antonio Ante incorporando microorganismos comerciales.

La inversión inicial de los equipos y maquinaria indispensable para un proceso tecnificado del sistema de compostaje es de: 60000USD. El tiempo de vida útil de la planta es de 10 años. (Anexo 23)

**Cuadro 21.** Inversión en la planta de compostaje

EQUIPO	PRECIO
<b>Invernadero</b>	10000
<b>Picadora</b>	3500
<b>Banda transportadora</b>	2500
<b>Minicargadora</b>	33250
<b>Sistema de Riego</b>	2500
<b>Sistema eléctrico</b>	500
<b>Plancha de cemento</b>	1500
<b>potenciómetro</b>	80
<b>Tamiz</b>	2500
<b>Termómetro</b>	170
<b>TOTAL</b>	<b>60000USD</b>

A continuación se detalla el análisis económico de la planta de compostaje del Relleno Sanitario de Antonio Ante.

**Cuadro 22.** Costo de producción del compost

COSTOS FIJOS				
COSTO DE MANO DE OBRA				
TRABAJO	NUMERO DE OPERARIOS	SALARIO MENSUAL	% TRABAJO AREA COMPOSTAJE	TOTAL
Jornaleros del área de compost	3	297 c/u	40%	360

<b>Operador minicargadora</b>	1	600	80%	480
<b>Operador Retroexcavadora</b>	1	600	15%	90
<b>TOTAL</b>				<b>930USD</b>

<b>COSTO SUMINISTRO DE AGUA Y ENERGÍA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>VEHÍCULO (MES)</b>	<b>GASTO MENSUAL</b>	<b>Promedio trab.</b>	<b>Total</b>
<b>Combustible vehículos</b>	Retroexcavadora	375 galones= 1,3 c/g	15%	73.12
	Minicargadora	76 galones = 1,30 c/g	80%	79.04
<b>Pago Servicio eléctrico</b>	Picadora, banda transportadora	990kw/h	100%	79.20
<b>Pago Servicio Agua Potable</b>	No se paga agua potable, se toma de la vertiente.			
<b>TOTAL</b>				<b>231.24USD</b>

<b>COSTOS DE DEPRECIACIONES</b>				
<b>EQUIPO</b>	<b>PRECIO</b>	<b>VIDA UTIL</b>	<b>DEPRECIACION ANUAL</b>	<b>DEPRECIACION MENSUAL</b>
<b>Invernadero</b>	10000	10 Años	1000	83.33
<b>Picadora</b>	3500	10 Años	350	29.17
<b>Banda transportadora</b>	2500	10 Años	250	20.83
<b>Minicargadora</b>	33250	20 Años	1662.5	138.54
<b>Tamiz</b>	2500	5 Años	500	41.66
<b>Sistema de Riego</b>	2500	10 Años	250	20.83
<b>Sistema eléctrico</b>	500	10 Años	50	4.16
<b>Plancha de cemento</b>	1500	10 Años	150	12.50
<b>potenciómetro</b>	80	5 Años	16	1.33
<b>Termómetro</b>	170	5 Años	34	2.83
<b>TOTAL</b>				<b>355.18USD</b>

<b>COSTO DE REPARACION Y MANTENIMIENTO MAQUINARIA (2% base)</b>	
<b>EQUIPO</b>	<b>COSTOS DE REPARACIÓN</b>
Invernadero	33.34
Picadora	11.66
Banda transportadora	5
Minicargadora	110.84
Tamiz	8.34
Sistema de Riego	8.34
Sistema eléctrico	1.66
Plancha de cemento	5
potenciómetro	0.26
Termómetro	0.56
<b>TOTAL</b>	<b>185USD</b>

<b>COSTOS VARIABLES</b>				
<b>COSTO DE MATERIA PRIMA</b>				
<b>MATERIALES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VIDA UTIL (MES)</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
Melaza (galón)	1	1	2	2
Microorganismos EM (galón)	1	1	20	20
<b>TOTAL</b>				<b>22USD</b>

<b>COSTO HERRAMIENTAS DE TRABAJO</b>				
<b>MATERIALES</b>	<b>GASTO ANUAL POR TRABAJADOR</b>	<b>% TRABAJO</b>	<b>Consumo Año</b>	<b>Consumo Mes</b>
Mascarillas con filtros, Uniformes, Guantes, Overoles, Gafas, Botas trinche	300	40%	120	10
	300	40%	120	10
	300	40%	120	10
	300	80%	240	20
	300	15%	45	3.75
<b>TOTAL</b>				<b>53.75USD</b>

COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN:	$930 + 231.24 + 355.18 + 185 + 22 + 53.75 = 1777.17\text{USD}$
COSTO COMPOST PRODUCIDO:	$34.32 \text{ Tn} = 51.78\text{USD}$

Se espera trabajar con el máximo de capacidad de la planta, es decir 6.32 Tn/día de residuos orgánicos (porque se trabaja 5 días a la semana) con lo que al final del proceso se obtienen 2,08 t/día (tomando en cuenta que del proceso de descomposición se obtiene el 33% de compost). Se labora 22 días por lo tanto al mes se obtiene, 34.32 toneladas de compost (se reduce la cantidad de compost obtenida porque el compost se descompone completamente en 45 días). Es decir el costo de tonelada de compost producida es de 51.78USD

$$CP/t = 1777.17/34.32 = \mathbf{51.78USD}$$

Al mes en la planta de compostaje se obtiene 34.32 Tn (34320 Kg), el saco de abono en el mercado es de 45Kg. Por lo tanto al mes se obtiene.

$$N^{\circ} \text{ Sacos obtenidos} = 34320\text{Kg}/45\text{Kg} = \mathbf{763 \text{ sacos}}$$

Del costo de producción por tonelada se calcula el precio de saco de compost para la venta. Para recuperar el costo de producción, el costo de cada saco sería:

$$CV \text{ saco} = 1777.17/763 = \mathbf{2.33USD}$$

En el mercado se comercializa el saco de compost en 3,50USD, por lo tanto el costo de producción se cubre con la venta del mismo y se obtiene una ganancia de **1.17USD** por saco comercializado.

Por lo tanto al mes se obtienen 763 sacos de abono; de cada saco se obtiene una ganancia de 1,17USD por lo tanto al mes se obtiene de ganancia **892,71USD**

La ganancia al año sería de **10.712,52USD**

El tiempo de vida útil de la planta es de 10 años por lo tanto a los 10 años se obtendría **107.125 USD.**

#### 4.5.2. Calculo del valor actual neto (VAN)

K = 60000 (inversión)

Fc = 11000 (utilidad anual)

n = 10 años (vida útil planta de compostaje)

i = 10% (tasa de interés que pagan los bancos más puntos que quiere ganar inversionista)

$$\text{VAN} = Fc \times \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} - K$$

$$\text{VAN} = 11000 \times \frac{(1+0,10)^{10} - 1}{0,10(1+0,10)^{10}} - 60000$$

$$\text{VAN} = 11000 \times \frac{2.5937 - 1}{0,10(2.5937)} - 60000$$

$$\text{VAN} = 11000 \times \frac{1.5937}{0.2594} - 60000$$

$$\text{VAN} = 11000 (6.1438) - 60000$$

$$\text{VAN} = \mathbf{7.581,8USD}$$

Cuando el VAN es positivo, el proyecto se considera viable, cubre las expectativas de la inversión.

#### 4.5.2.1. Análisis complementario del VAN

$$M = 7581.8 (1+0.10)^{10}$$

$$M = 7581.8 (2.5937)$$

$$M = 19664.91$$

Esto quiere decir que en 10 años se recibirá **19664USD**. Es decir será lo mismo tener hoy **7581USD** que en diez años 19664 para mantener el poder adquisitivo.

#### 4.5.3. Calculo de la tasa interna de retorno (TIR)

TIR = Tasa interna de retorno

TM = Tasa mayor

Tm = Tasa menor

VANTm = Valor actual neto correspondiente a la tasa menor

VANTM = Valor actual neto correspondiente a la tasa mayor

Si se calcula nuevamente el VAN a una tasa más alta (15%), seguramente el resultado será negativo, lo que indica que el proyecto si paga un 10% de interés, pero no el 15%. Así.

$$\begin{aligned} \text{VAN} &= Fc \times \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} - K \\ \text{VAN} &= 11000 \times \frac{(1+0,15)^{10} - 1}{0,15(1+0,15)^{10}} - 60000 \\ \text{VAN} &= 11000 \times \frac{4.0455 - 1}{0,15(4.0455)} - 60000 \\ \text{VAN} &= 11000 \times \frac{3.0455}{0.6068} - 60000 \\ \text{VAN} &= 11000 (5.0189) - 60000 \\ \text{VAN} &= \mathbf{-4792.1\text{USD}} \end{aligned}$$

Queda comprobado que el proyecto no paga al 15% al inversionista, porque el VAN salió negativo. El interés que el proyecto ofrece al inversionista es: 13.06% subirá tres puntos en su rentabilidad.

$$\begin{aligned} \text{TIR} &= Tm + (TM - Tm) \left( \frac{\text{VAN } Tm}{\text{VAN } Tm - \text{VAN } TM} \right) \\ \text{TIR} &= 10 + (15 - 10) \left( \frac{7581.8}{7581.8 + 4792.1} \right) \\ \text{TIR} &= 10 + 5 (0.6127) \\ \text{TIR} &= 10 + 3.06 \\ \text{TIR} &= \mathbf{13.06\%} \end{aligned}$$

#### 4.5.4. Cálculo del plazo de recuperación. (P de R)

P de R = Plazo de recuperación

K = Capital o inversión

Fc = Flujo de caja

$$\begin{aligned} \text{P de R} &= \frac{K}{Fc} \\ \text{P de R} &= \frac{60000}{11000} \\ \text{P de R} &= 5,45 \end{aligned}$$

La inversión se recuperará en **5.45** años.

#### 4.5.5. Cálculo de la relación beneficio/costo (B/C)

$$B/C = \frac{VAN}{K}$$

$$B/C = \frac{7581.8}{60000}$$

$$B/C = 0,12\ 63$$

El resultado obtenido significa que por cada 100 dólares invertidos en el proyecto, se obtiene una ganancia de 12,63 dólares. Cuando el VAN es positivo, la relación costo beneficio también lo será.

#### 4.6. CAPACITACIÓN ZONA RURAL DE SAN ROQUE

Con el trabajo realizado en la zona Rural de la Parroquia de San Roque, se logró que las comunidades reciclen sus residuos orgánicos y los utilicen en sus respectivos terrenos como abonos, con lo cual se mejoró la gestión de los residuos sólidos orgánicos y también se redujo la cantidad de residuos que ingresan al relleno.

Por lo tanto en la zona rural de la parroquia de San Roque, después de haber realizada la capacitación sobre el manejo in situ y como realizar una compostera en casa; se procedió a eliminar el proceso de recolección de los residuos orgánicos; es decir en la zona rural del a parroquia de San Roque no se realiza la recolección de los residuos orgánicos; únicamente de los residuos inorgánicos.

**Cuadro 23.** Comunidades de la zona rural capacitadas.

<b>COMUNIDADES CAPACITADAS</b>	
<b>COMUNIDAD</b>	<b>FAMILIAS</b>
<b>Pucará</b>	95
<b>Cerotal</b>	89
<b>Jatun Rumi</b>	76
<b>TOTAL</b>	<b>260</b>

## **BENEFICIOS QUE SE OBTUVO AL SEPARAR LA FRACCIÓN ORGÁNICA DEL RELLENO SANITARIO**

A continuación se describe un cuadro comparativo de los beneficios de clasificar los residuos orgánicos de los inorgánicos dentro del relleno sanitario. (Anexo 24)

**Tabla 8:** Separación de la fracción orgánica del Relleno Sanitario.

<b>RELLENO SANITARIO SIN CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS.</b>	<b>RELLENO SANITARIO CON SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS.</b>
Todos los residuos (100% de los R.S.).	Menor cantidad de Residuos Sólidos (aprox 40%)
Presencia de lixiviados.	Se reduce la generación de lixiviados
Posibilidad de vectores y enfermedades para los trabajadores.	Reduce la presencia de vectores y plagas
Presencia de Biogas (Metano, Ac. Orgánicos).	Se reduce la emisión de biogás
Más tierra para recubrimiento.	Menor tierra para recubrimiento
Mayor costo O/M.	Menor costo O/M
Menor tiempo de vida útil del relleno.	Mayor tiempo de vida útil del relleno.
Mayores gastos para el relleno.	Menores gastos para el relleno.
Ninguna posibilidad de ingreso económico para el relleno (comercialización de abono)	Posibilidades de ingreso económico para el relleno (comercialización de abono)

## CAPÍTULO V

### 5.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### 5.1. CONCLUSIONES

- La campaña de Educación Ambiental en la parroquia de San Roque ha permitido el involucramiento de toda la población en el proceso de separación en la fuente. Se capacitaron a 9 instituciones educativas, 7 barrios y 6 comunidades (950 familias) que forman la parroquia. Gracias a este esfuerzo ahora el 80% de la población anteña clasifica sus residuos en orgánicos e inorgánicos.
- Las instituciones educativas de la parroquia han demostrado un gran compromiso en el proceso de separación de los residuos. Los niños se convirtieron en los principales aliados de difundir el compromiso de clasificación de los residuos en sus hogares.
- La educación ambiental en los mercados, la dotación de tachos clasificadores y contenedores motivó a los comerciantes a separar sus residuos en cada puesto. Se benefició directamente a 1300 vendedores y en la actualidad gran cantidad de residuos orgánicos que ingresan a la planta de compostaje proviene de los mercados.
- El manejo técnico dentro de la planta de compostaje, permitió la descomposición de los residuos orgánicos de manera más rápida y efectiva; los procedimientos que involucra el pesaje de los residuos, secado, trituración, apilamiento mensual, control de parámetros como pH, temperatura, humedad, aplicación de microorganismos comerciales, tamizado y ensacado del abono pueden representar ingresos económicos al relleno sanitario.
- Con la implementación del sistema de pesaje se determinó un promedio de ingreso de residuos sólidos de 17, 21 t/día para el primer semestre del año 2012. (Febrero a

julio 2012). De esta cantidad, el 72.8% de residuos sólidos corresponden al material inorgánico y el 27.01% al orgánico; mientras que el 0.19% corresponde a residuos biopeligrosos. Por tanto, la cantidad de residuos orgánicos que ingresan al relleno sanitario es de 4.64 Tn/día y el material inorgánico es de 12.53 Tn/día.

- Mensualmente ingresan al relleno sanitario cerca de 522Tn de residuos sólidos, 140Tn orgánicos, 380Tn de inorgánicos y 1Tn de biopeligrosos. La tasa per cápita de generación proyectada del cantón Antonio Ante para el año 2012 es de 0.54 Kg/hab/día. Mientras que la estimación de la tasa per cápita según el ingreso de los residuos al relleno sanitario, es de 0.34 Kg/hab/día.
- Con los estudios realizados se logró diseñar y elaborar dos manuales educativos. Uno referente a la planta de compostaje y el proceso técnico de manejo; y un segundo manual que informa el proceso de pesaje dentro del relleno y los resultados obtenidos.
- Se invirtió 60.000 dólares en la planta de compostaje, adicionalmente se invierten 1777 dólares mensuales en el funcionamiento de ésta. Si se comercializa el producto obtenido, a 3,50 dólares el saco de 45 Kg que es el precio normal en el mercado; se ganaría 1,17 dólares en cada saco (ya que el costo de producción se recupera a 2,33 dólares el saco) y como al mes se obtiene un promedio de 763 sacos, se estaría ganando aproximadamente 892 dólares mensuales y se recuperaría la inversión en 5 años y medio.
- La capacitación en las zonas rurales para que manejen sus residuos orgánicos permitió optimizar recursos económicos al no realizar recolección de residuos orgánicos en estas zonas y reducir la cantidad de residuos que ingresan al relleno Sanitario.

## 5.2. RECOMENDACIONES:

- Los procesos de educación ambiental implementados han dado buenos resultados en la población de San Roque al momento de separar sus residuos. Por eso se recomienda incorporar estos procesos en las Parroquias de Chaltura e Imbaya para que todo el cantón se involucre al 100% en el proceso de separación en la fuente.
- Involucrar a todos los mercados del cantón y continuar con los procesos de capacitación en el mercado central y de Andrade Marín para que no pierdan esos hábitos adquiridos y sigan separando y clasificando los residuos sólidos. Se recomienda dotar a cada comerciante de los basureros clasificadores en cada puesto para motivarlos a que sigan con el proceso de separación de sus residuos.
- En la planta de compostaje es recomendable implementar en el área de descarga de los residuos orgánicos una construcción a manera de techo para evitar la mezcla de los residuos con aguas lluvias y evitar el incremento de lixiviados.
- Se sugiere implementar un estudio aplicando microorganismos nativos con el objetivo de inactivarlos buscando procedimientos que permitan aislar los microorganismos nativos para inocular de manera más sencilla sin tener la necesidad de capturar en un bosque nativo, sino simplemente con cepas que mediante refrigeración permitan su inoculación y así mejorar la rentabilidad de la planta de compostaje.
- Es importante llevar a cabo un estudio de mercado para el proceso de comercialización del compost, abrir mercados y obtener una marca del compost que se obtiene en el relleno sanitario.
- Seguir con el proceso de reducción del volumen en el origen ya que es una alternativa que ayudará a conservar los recursos y también tienen viabilidad económica.

## RESUMEN

El Gobierno Municipal de Antonio Ante viene trabajando desde hace varios años en la implementación de medidas destinadas al manejo del relleno sanitario. A través del proyecto “Modelo de Gestión Integral de Residuos Sólidos” financiado por la Unión Europea; se encuentra desarrollando proyectos de educación ambiental, manejo de los residuos sólidos, creación y manejo del centro de interpretación ambiental, manejo de lixiviados, entre otros.

El Relleno Sanitario de Antonio Ante se encuentra a 3 kilómetros del centro urbano de Atuntaqui, ubicado en el sector de Patabarán. Construido en el 2009, posee una extensión de 4.5 hectáreas, una vida útil de 7 años y se construyó con la finalidad de dar un manejo adecuado a los residuos orgánicos, inorgánicos y biopeligrosos provenientes del cantón.

Los residuos sólidos orgánicos urbanos constituyen cerca del 70% del volumen total de desechos generados, por tal motivo se busca una salida integral que contribuya al manejo adecuado, potenciando los productos finales de éstos procesos y minimizando un gran número de impactos ambientales que conlleven a la sostenibilidad de los recursos naturales. La presente investigación denominada “Manejo integral de los residuos orgánicos del relleno sanitario de Antonio Ante, Provincia de Imbabura”, forma parte de los resultados del Proyecto “Modelo de Gestión Integral de Residuos Sólidos Antonio Ante – Ecuador”; además es un resultado de los programas sugeridos en el Plan de Manejo Ambiental del Relleno Sanitario.

La investigación se basó en seis objetivos: 1) Campañas de Educación Ambiental en la parroquia de San Roque y en los principales mercados del Cantón. Mercado Central Atuntaqui y Mercado Andrade Marín; 2) Construcción de un espacio exclusivo dentro del relleno para el manejo técnico de residuos orgánicos (planta de compostaje); 3) Realizar el pesaje de los residuos que ingresan al relleno sanitario; 4) Analizar el tratamiento más eficiente de descomposición y con este el manejo técnico de la planta de compostaje; 5) Realizar un análisis financiero sobre la planta de compostaje y 6) Capacitar comunidades rurales de San Roque sobre el compostaje.

A través de las campañas de educación ambiental (talleres, festivales, capacitaciones, inspecciones, seguimientos de rutas); se logró incluir a la parroquia de San Roque y a los

mercados central de Atuntaqui y de Andrade Marín (900 familias en San Roque y 1300 comerciantes de los mercados) en el proceso de separación en la fuente, actualmente el 80% de la población anteña clasifica sus residuos en orgánicos e inorgánicos.

Se construyó la planta de compostaje: invernadero, minicargadora, tamizador, plancha de cemento, picadora, banda transportadora, potenciómetro, termómetro, sistema de riego, sistema eléctrico, microorganismos comerciales; permitieron realizar el manejo técnico de los residuos orgánicos. Procedimientos como: el pesaje de los residuos que ingresan al relleno, la separación de los mismos, el secado, el triturado, la formación de pilas mensuales; y parámetros de control como: pH, temperatura, humedad, volteos, adición de microorganismos comerciales, permitieron tener un producto de gran calidad en 45 días (tiempo del tratamiento 2, el más eficaz en la producción de compost)

Como resultado del sistema de pesaje, se cuenta con datos reales sobre la cantidad de residuos sólidos que ingresan al relleno sanitario. Gracias a este proceso; se determinó un promedio de ingreso de residuos sólidos de 17, 21 t/día para el primer semestre del año 2012. El 72.8% de residuos sólidos corresponden al material inorgánico y el 27.01% al orgánico; mientras que el 0.19% corresponde a residuos biopeligrosos. Por lo tanto, la cantidad de residuos orgánicos que ingresan al relleno sanitario es de 4.64 Tn/día y el material inorgánico es de 12.53 Tn/día. La tasa per cápita de generación proyectada del cantón Antonio Ante para el año 2012 es de 0.54 Kg/hab/día. Mientras que la estimación de la tasa per cápita según el ingreso de los residuos al relleno sanitario, es de 0.34 Kg/hab/día.

Se realizó el análisis financiero para determinar la rentabilidad de la planta de compostaje. Se invirtió 60.000 dólares en la planta de compostaje, adicionalmente se invierten 1777 dólares mensuales en el funcionamiento de ésta. Si se comercializa el producto obtenido, a 3,50 dólares el saco de 45 Kg que es el precio normal en el mercado; se ganaría 1,17 dólares en cada saco (ya que el costo de producción se recupera a 2,33 dólares el saco) y como al mes se obtiene un promedio de 763 sacos, se estaría ganando aproximadamente 892 dólares mensuales y se recuperaría la inversión en 5 años y medio.

La capacitación en las zonas rurales para que manejen sus residuos orgánicos permitió optimizar recursos económicos al no realizar recolección de residuos orgánicos en estas zonas y reducir la cantidad de residuos que ingresan al relleno Sanitario

## SUMMARY

Antonio Ante has been working for several years in the implementation of measures to manage the landfill through the project. "Integrated Solid Waste Management" funded by the European Union and executed by the city government. The project works on several areas such as: Environmental education, organic waste management, biohazardous waste, establishment and management of environmental interpretation Center, leachate management, among others.

The Antonio Ante Landfill is located in the area of Patabaran, three Kilometers far from the Atuntaqui downtown built in 2009. It covers an area of 4.5 hectares with a useful life of seven years and built with the aim of providing an adequate management of organic, inorganic and biohazard waste from Antonio Ante.

Urban organic solid wastes constitute about 70% of the total volume of waste generated. Therefore this reason is seeking a comprehensive contributes to proper management, enhancing the end products of these processes and minimizing a large number of environmental impacts that lead to the sustainable management of the natural resources.

This research is part of the results of the project "Model of Integrated Solid Waste Management Antonio Ante – Ecuador, it is also a result of the programs suggested in the Environmental Management Plan Landfill.

The research was based on six objectives: 1) environmental education campaigns in the parish of San Roque and in the major markets of the Canton Antonio Ante. Central Markets in Atuntaqui and Andrade Marın, 2) Construction of an exclusive space within the fill for the technical management of organic waste (composting plant) 3) Perform the weighing of waste entering the landfill, 4) Analyze the treatment more efficient of decomposition and make the technical management of the composting plant; 5) perform a financial analysis on the composting plant and 6) Empowering rural communities on composting

Through environmental education campaigns (workshops, festivals, training, inspections, monitoring the routes of waste recollection), it was possible to include the parish of San Roque and the two markets in Atuntaqui and Andrade Marın (900 families in San Roque and 1300 merchants markets) in the process of waste classification. Currently 80% of the population of Antonio Ante classifies organic and inorganic waste.

We built the composting plant infrastructure, loader, shredder, conveyor, pot, thermometer, irrigation system, electrical system, commercial microorganisms. All of these activities, allowed us to manage technically the organic waste. A series of processes including: weighing the waste entering the filling, the separation of waste there of drying, grinding, forming stacks monthly, plus a number of control parameters are: pH , temperature, humidity, volts, plus the addition of commercial microorganisms, allowed to have a high quality product in 45 days.

As a result of the integrated management of organic waste from landfill in Antonio Ante was determined that due to the implementation of the scale in it, we can get data on the amount of solid waste entering the landfill. Through this process, it was determined an average income of 17 solid waste, 21 t/day for the first half of 2012. With this system, also it was determined that 72.8% correspond to solid waste and inorganic material to organic 27.01%, while 0.19% corresponds to the Hospital. Therefore, the amount of organic waste entering the landfill is 4.64 TM/day and the inorganic material is 12.53 TM/day. The per capita generation rate of the canton Antonio Ante projected for 2012 is 0.54 Kg/person/day. While estimating the rate by income per capita of waste to the landfill, is 0.34 Kg/person/day.

Financial analysis was performed to determine the costs of production and if it is profitable or not the composting plant. We invested USD \$ 60.000 in the composting plant, additionally invest USD \$ 1.777 per month in this operation. If commercialized the product obtained, to USD \$ 3.50 PER a bag of 45 kg which is the fair market price, would earn USD \$ 1.17 on each bag (since the cost of production to USD \$ 2.33 recovers the sack) and as a month we get an average of 763 bags would be earning approximately USD \$ 892 per month and would recover the investment in 5 years.

Training in rural areas to manage their organic waste helped to optimize financial resources by not conducting organic waste collection in these areas and reduce the amount of waste entering the landfill.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGEARTH Asociación de Graduados de la Universidad EARTH, (2000) “Microorganismos Efectivos EM”, <http://agearthecuador.org/web/> (Junio 2012).
- ARROYAVE, S., Y VAHOS, M., (1999). “Evaluación del proceso de compostaje producido en un tanque bio reactor piloto por medio de bioaumentación”. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.
- BAEZ, P., (2011). “Auditoria de cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental al Relleno Sanitario de Antonio Ante año 2010-2011”. Pp: 8-99.
- BOYER, R. (2000) “Conceptos en Bioquímica”, Editorial Internacional Thompson. pp 159.
- BRITO, H., (2008). “Manejo Integral de Residuos Sólidos para enfrentar el nuevo milenio”. Universidad de Guadalajara – México.
- CADENA, EDISON., (2010). “Propuesta De Un Plan De Manejo Participativo De Residuos Sólidos Domésticos En La Parroquia De Peñaherrera, Cantón Cotacachi”. Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, UTN, Ibarra, Ecuador.
- CASTRO, B. (2006) “Estudio para el diseño del Relleno Sanitario del Cantón Antonio Ante”.
- CORAL, JOHAN., (2009) “Proyecto Modelo de Gestión Integral de los Residuos Sólidos, Antonio Ante, Ecuador”.
- DÁVALOS, N., (1984) “Enciclopedia básica de Administración Contabilidad y Auditoría, 1984, 2 Edición. Editorial Ecuador, pp 157-159.
- ESTRADA, A., (2011). “Guía para la elaboración de proyectos”.
- FLORES, D. (2000) Guía Práctica No. 2. Para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos. Quito Ecuador; pp. 8-12.
- FORTUNECITYS. Los residuos sólidos. Ingeniería ambiental y medio ambiente. (2000) <http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/residuos.html>.
- GOBIERNO MUNICIPAL DE ANTONIO ANTE,(2008) “Plan de Gestión Integral de Desechos Sólidos del Cantón Antonio Ante Provincia de Imbabura” Ordenanza Municipal del Cantón Antonio Ante.

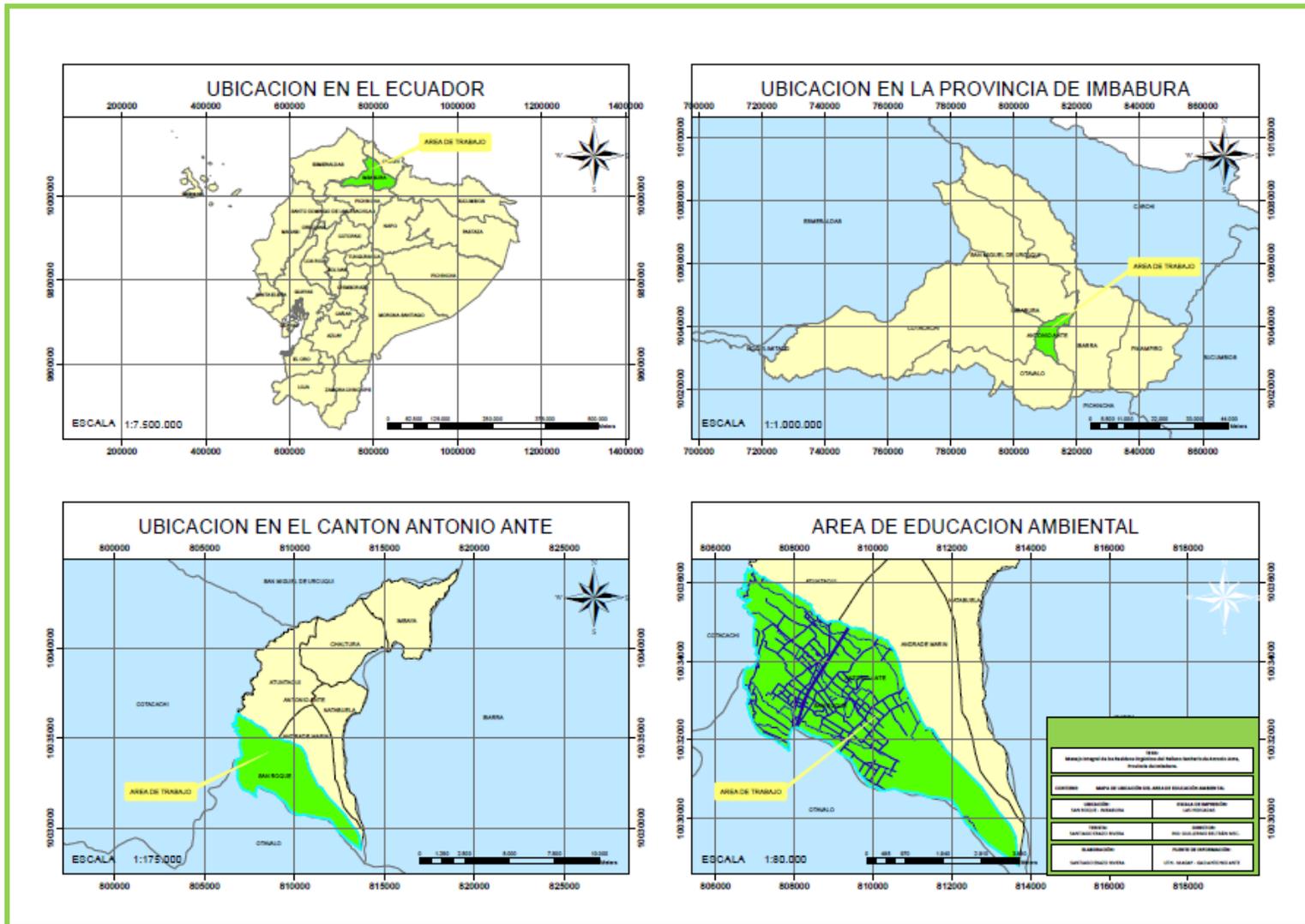
- JARAMILLO G., Y ZAPATA L. (2008) “Aprovechamiento de los Residuos Sólidos en Colombia” Tesis previa a la obtención del grado de Especialistas en Gestión Ambiental, Universidad de Antioquia, Colombia, pp. 25-46.
- JARAMILLO, G., Y ZAPATA, L. (2008). “Aprovechamiento de los Residuos Orgánicos en Colombia”. Monografía para optar por el título de Especialistas en Gestión Ambiental. Universidad de Antioquia, Colombia.
- JARAMILLO, N Y VÁSQUEZ N., (2009). “Propuesta de un Plan de Manejo Participativo de Desechos Sólidos en el Centro de la Urbe del Cantón Otavalo”. Tesis previa a la obtención del título de Ingenieras en Recursos Naturales Renovables, UTN, Ibarra, Ecuador
- MUÑOZ, M., (2003). Diagnóstico y Plan de Mejoramiento del Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos del Cantón Sucre.
- MUÑOZ, M., (2008). “Manual de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos”.
- ORDENANZA MUNICIPAL., (2007). “Ordenanza para la Recolección, Entrega, Transporte y Disposición final de los desechos sólidos” Cantón Antonio Ante, Provincia de Imbabura.
- PAREJA, R., LARREA, S., Y POZO, C., (2010). Línea Base “Gestión Integral de Residuos Sólidos a Nivel Nacional” Asociación de Municipalidades del Ecuador (AME).
- POYECTO: “MEJOR CALIDAD AMBIENTAL., (2009). “Plan de Educación Ambiental para el Manejo de Desechos Sólidos en Antonio Ante”.
- PUERTA, SILVIA., (2007). “Evaluación física, química y microbiológica del proceso del compostaje de residuos sólidos urbanos, con microorganismos nativos y comerciales en el municipio de Venecia. Medellín”: Tesis de Maestría en Biotecnología. 2007. P.63.
- RESTREPO, J., (1996) “Abonos orgánicos fermentados. Experiencias de agricultores en Centro América y Brasil” OITCEDECO.
- REVISTA IBEROAMERICANA DE EDUCACIÓN, Op. Cit., p5. PARRA, BEDOYA. Manejo Integral de los Residuos sólidos con participación comunitaria en el Oriente Antioqueño de Colombia. Cornare.

- REVISTA IBEROAMERICANA DE EDUCACIÓN. (2008) Educación Ambiental y Formación en: Proyectos y Experiencias. España, p.12
- ROCHA, A., (2010). “Estudio de diferentes tipos de inóculos en la elaboración de compost, a partir de desechos domésticos orgánicos” Tesis previa a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial, Universidad Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- RYNK, R. (1992) On – Farm composting handbook. Northeast Regional Agricultural Engineering service. Cooperative extensión. New York, USA; p.186.
- SIAMS, J. (2006). “Caracterización de residuos sólidos municipio de Medellín” “Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos Municipio de Medellín”. Medellín; p.5.99.
- SOTO G., Y MUÑOZ C. (2002). “Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost, y su empleo en la agricultura orgánica” (Costa Rica) No. 65 p .123 – 129.
- SOTO. G., (2003). El proyecto NOS de CATIE/GTZ, el centro de investigaciones agronómicas de la Unidad de Costa Rica de insumos agropecuarios no sintéticos.
- SOTOMAYOR, A., (2010) “La gestión integral descentralizada en la Provincia de Imbabura”, Revista del Programa de Apoyo a la gestión descentralizada de los recursos naturales en las tres provincias del norte del Ecuador (PRODERENA).
- SUÁREZ, P., (2010). “Estudio de Impacto ExPost y formulación de un Plan de Manejo Ambiental del Relleno Sanitario de Antonio Ante”. Pp: 73-125.
- TCHOBANOGLIOUS, G., THEISEN, H., Y VIGIL, S., (1997) “Gestión Integral de Residuos Sólidos” Volumen 1 y 2, Editorial Antonio García Brage, México D.F., México, pp 5-675.

## ACRÓNIMOS.

GADAA:	Gobierno Autónomo Descentralizado de Antonio Ante
MGIRS:	Modelo Gestión Integral de Residuos Sólidos
PEAAA:	Plan de educación ambiental de Antonio Ante
CHONS:	Carbono, hidrógeno, oxígeno, azufre
EMA´s.	Microorganismos eficientes nativos o autóctonos
SV:	Sólidos volátiles
ST:	Sólidos totales
C/N:	Carbono/Nitrógeno
EM:	Microorganismo eficiente comercial
UE:	Unión Europea
VAN	Valor actual neto
TIR	Tasa interna de retorno
P de R	Plazo de recuperación
B/C	Beneficio/costo

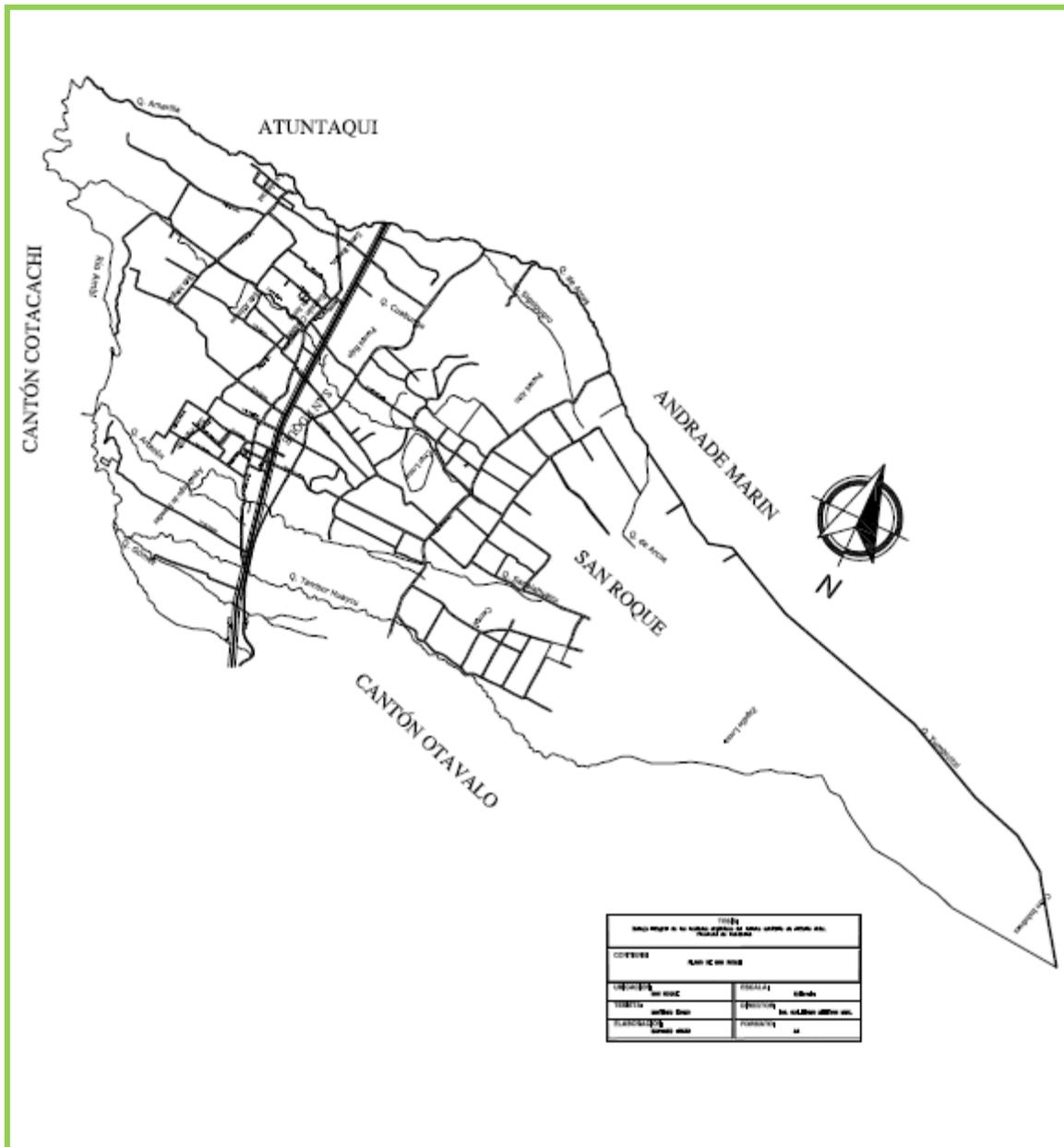
**Anexo 1:** Mapa de ubicación del área de educación ambiental (Parroquia de San Roque)



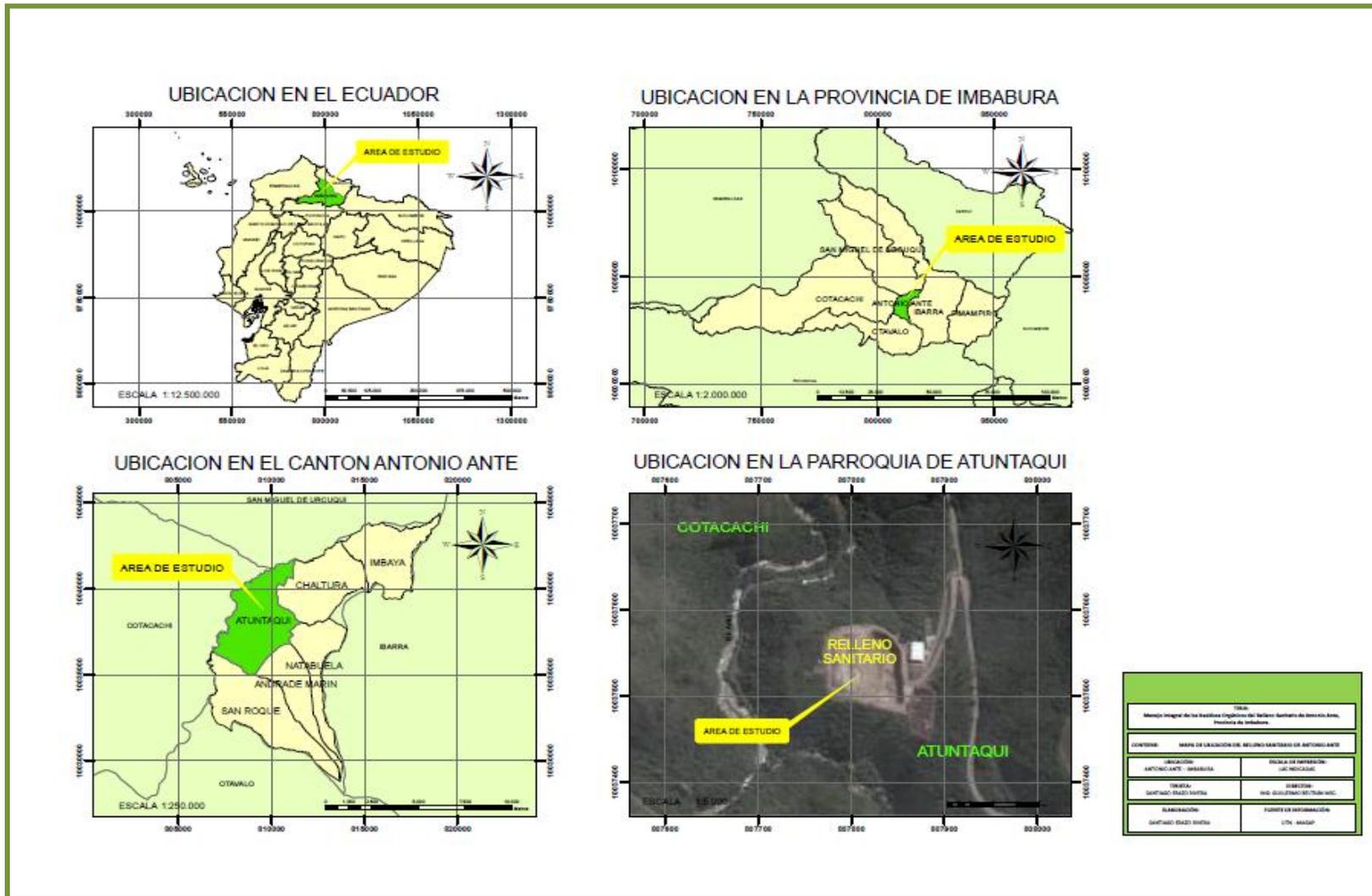
Anexo 2: Mapa de catastro de la parroquia de San Roque



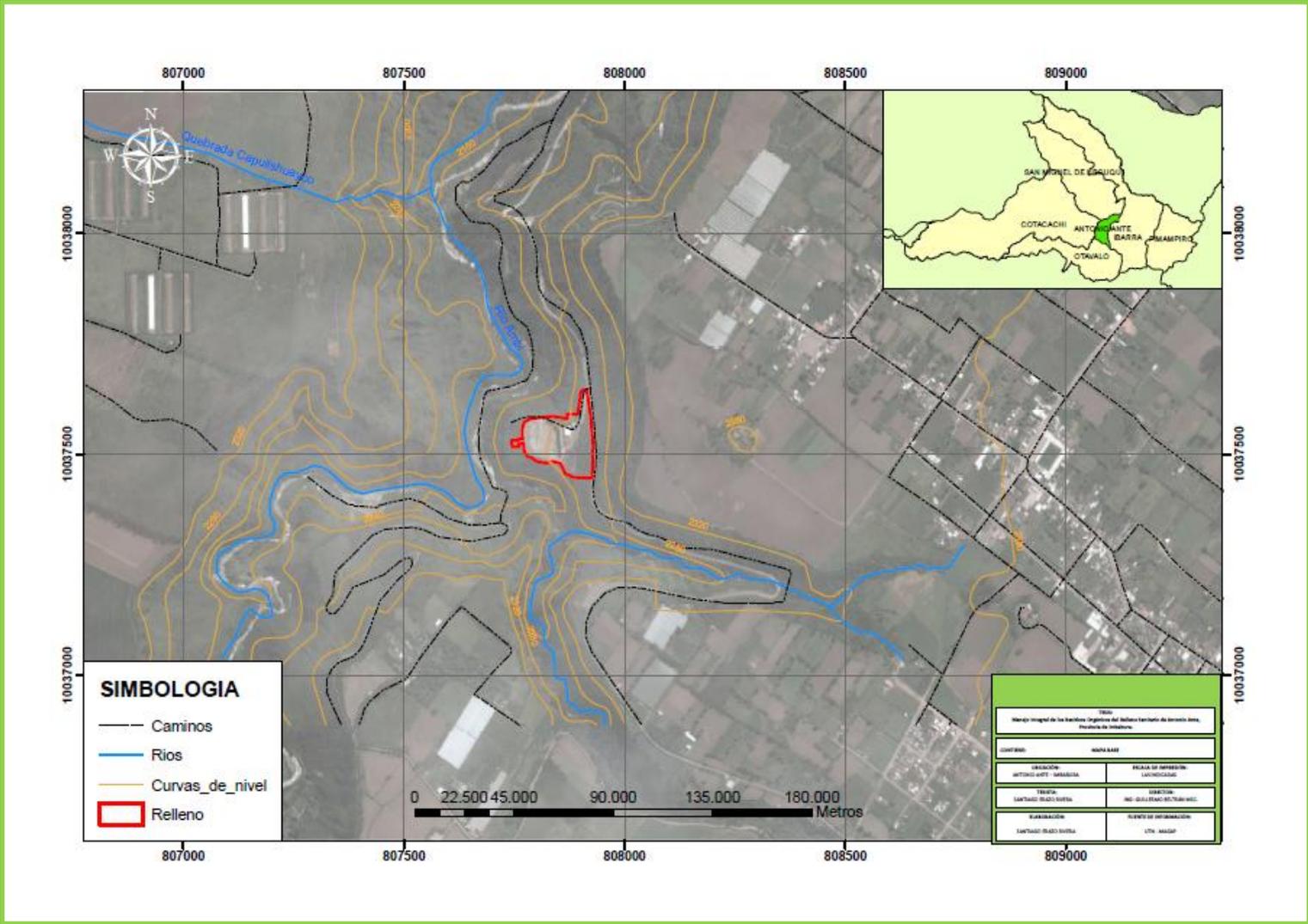
**Anexo 3:** Plano de la parroquia de San Roque



**Anexo 4: Mapa de ubicación del relleno sanitario**



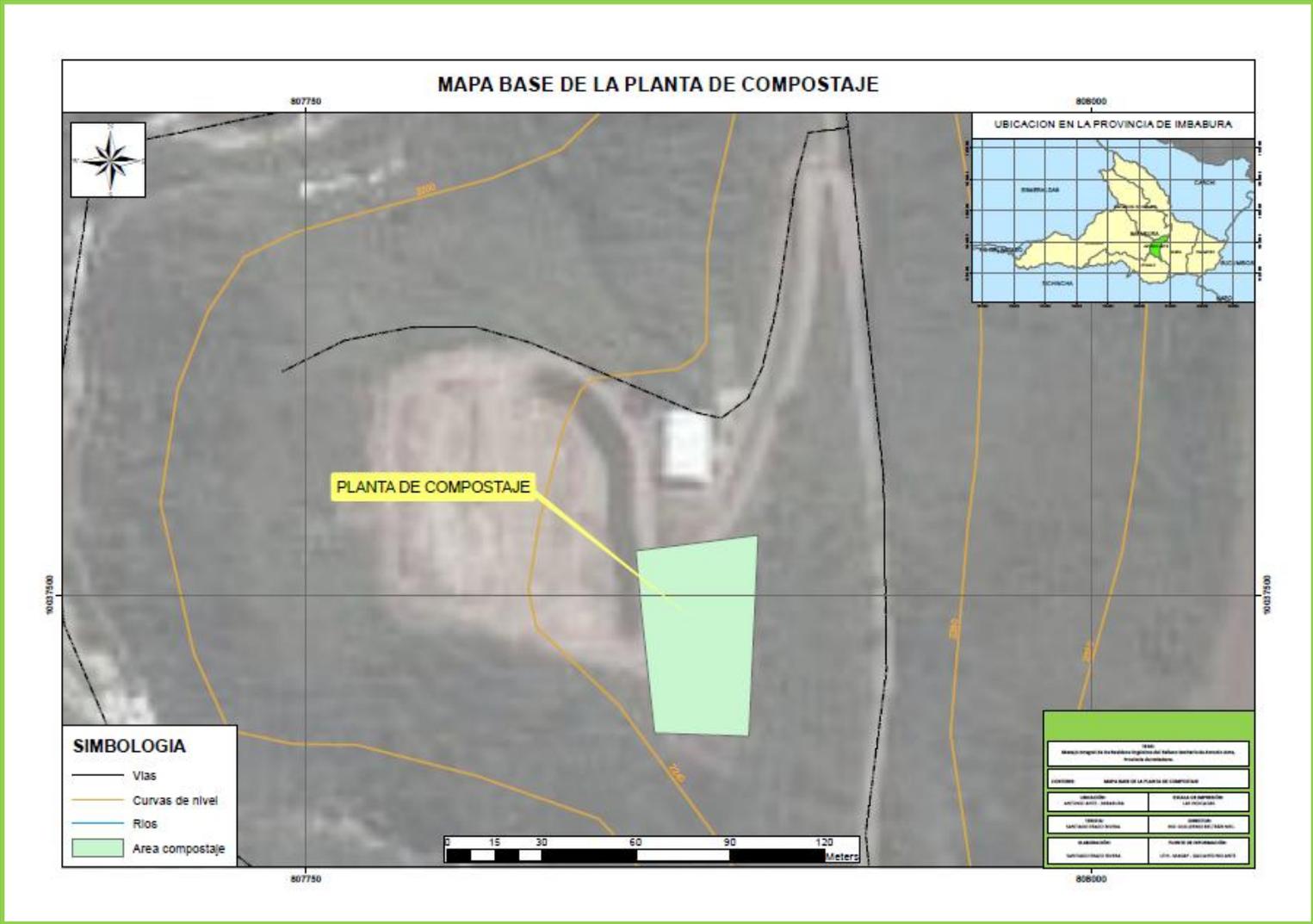
Anexo 5: Mapa base del relleno sanitario



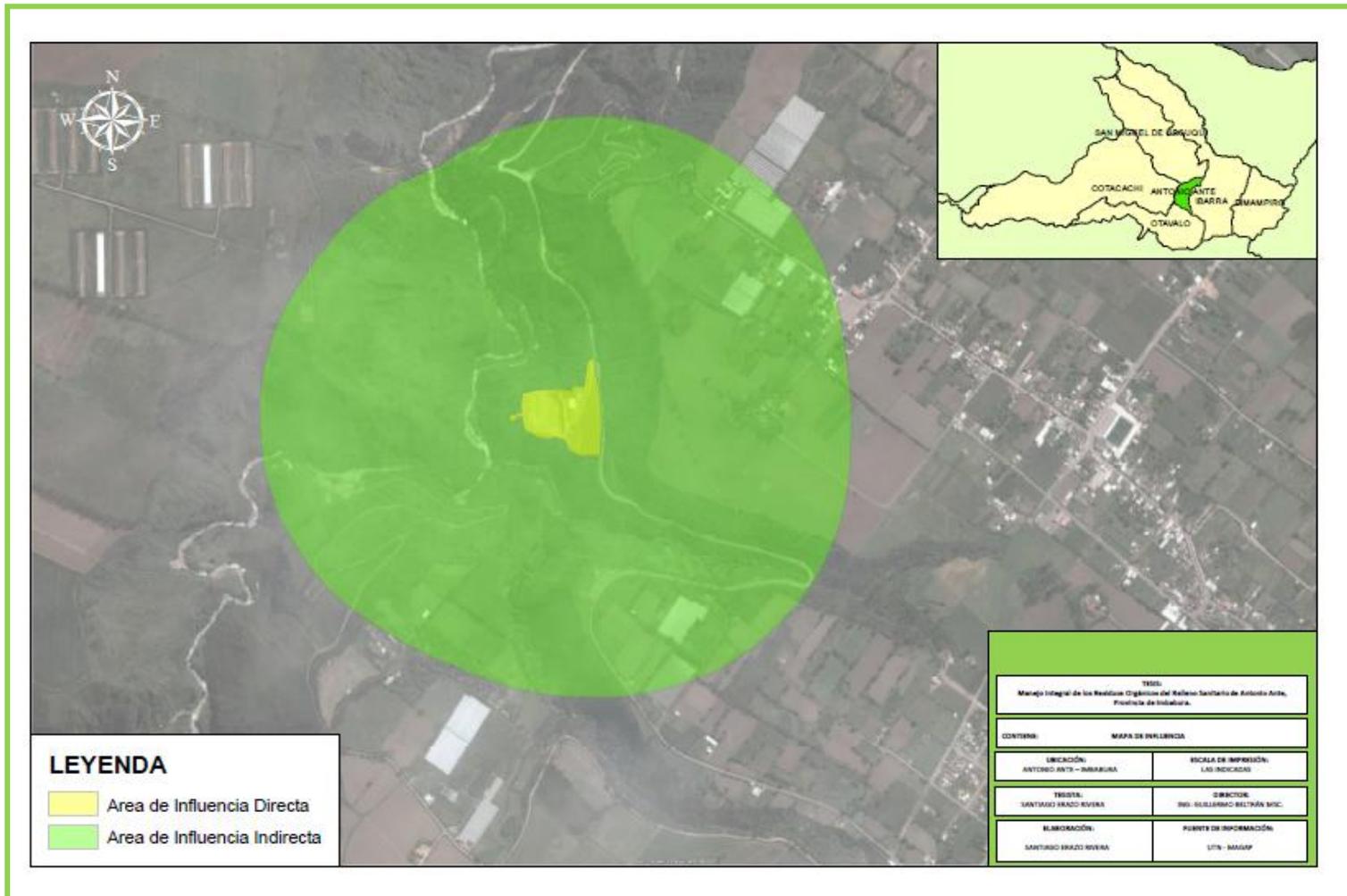
**Anexo 6:** Plano del relleno sanitario



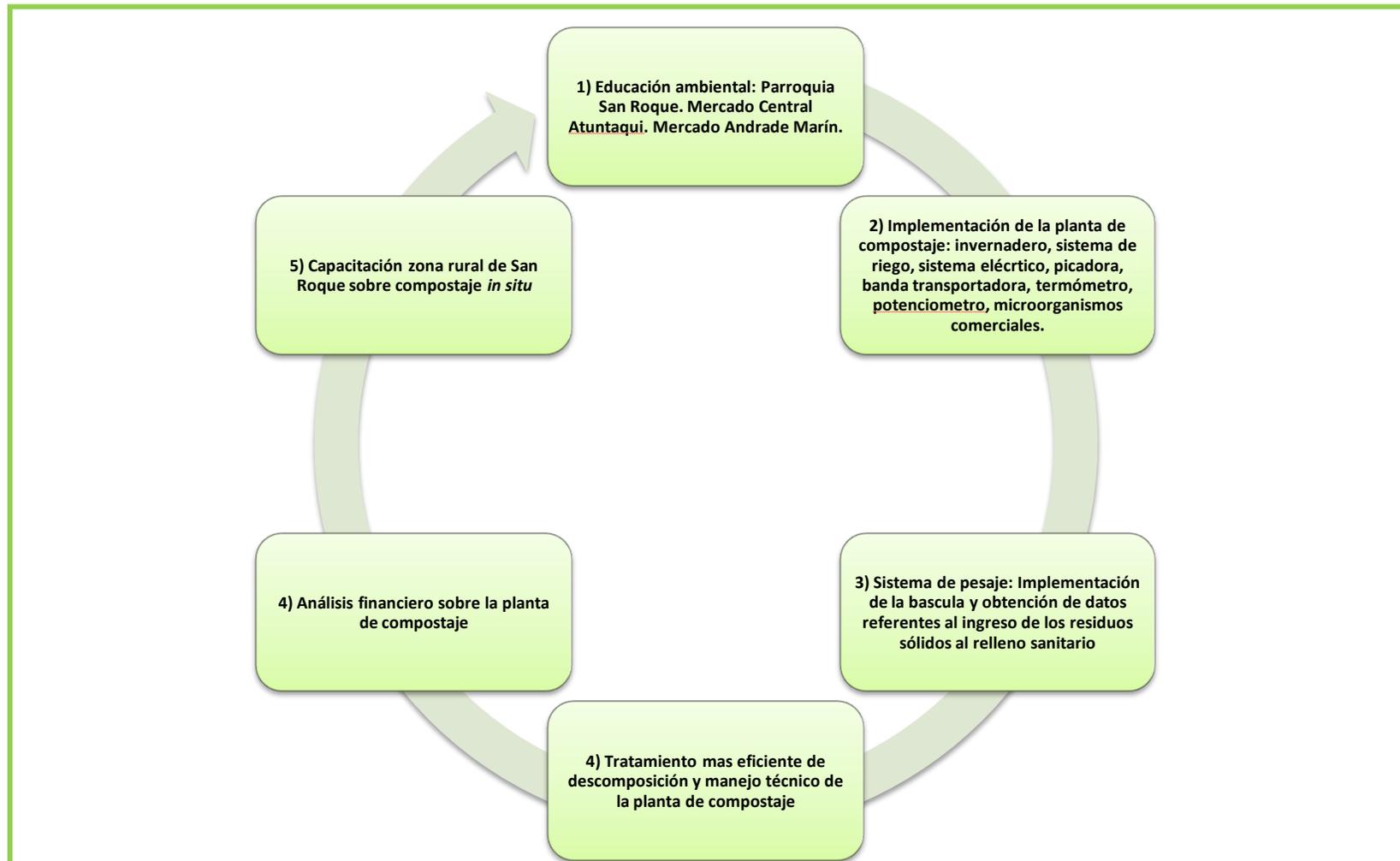
Anexo 7: Mapa base del área de compostaje



**Anexo 8:** Mapa de área de influencia directa del relleno sanitario



**Anexo 9:** Flujograma de la metodología



**Anexo 10:** Educación Ambiental (talleres, festivales, capacitaciones, inspecciones, seguimiento de rutas, capacitación mercados)

**TALLERES AMBIENTALES:** Fotografías 1, 2



**FESTIVALES AMBIENTALES:** Fotografías 3, 4, 5, 6



**CAPACITACIONES PUERTA A PUERTA: Fotografías 7, 8, 9, 10**



**INSPECCIONES: Fotografías 11, 12**



**SEGUIMIENTO DE RUTAS: Fotografías 13, 14**



**CAPACITACIÓN A LOS MERCADOS: Fotografías 15, 16, 17, 18**



**Anexo 11: Construcción planta de compostaje**

**PLANTA DE COMPOSTAJE**



**Fotografía 19:** Manejo residuos orgánicos sin infraestructura tipo invernadero



**Fotografía 20:** Invernadero para manejo de residuos orgánicos.



**Fotografía 21:** Picadora, banda transportadora: picado de residuos.



**Fotografía 22:** Minicargadora: volteo de los residuos



**Fotografía 23:** Área de tamizado



**Fotografía 24:** Área de secado

**Anexo 12: Sistema de pesaje**

**CONSTRUCCIÓN BALANZA: Fotografías 25, 26**



**PESAJE DE LOS VEHICULOS: Fotografías 27, 28, 29, 30**



### Anexo 13: Manejo de los tratamientos y las pilas de compostaje

#### TRATAMIENTOS



**Fotografía 31:** 1Tn de residuos orgánicos (2 tratamientos)



**Fotografía 32:** Picado de residuos tratamiento 2



**Fotografía 33:** Aplicación microorganismos comerciales tratamiento 2



**Fotografía 34:** Volteo y control de parámetros (temperatura, humedad, pH).



**Fotografía 35:** Descomposición de la materia orgánica.



**Fotografía 36:** Pesaje de los tratamientos

## PILAS DE COMPOSTAJE



**Fotografía 37:** Descarga de los residuos orgánicos



**Fotografía 38:** Apilado de los residuos orgánicos y aplicación de microorganismos



**Fotografía 39:** Control de parámetros: (Temperatura, pH, humedad)



**Fotografía 40:** Volteos y aplicación de microorganismos



**Fotografía 41:** Producto final

## Anexo 14: Capacitación in situ manejo de los residuos orgánicos

### CAPACITACION ZONA RURAL: Fotografías 42, 43



## Como preparar compost en casa

El terreno debe estar nivelado, protegido de vientos y debe tener acceso al agua, para regar el compost.

Seleccionar un área de 1m. de ancho, la distancia del largo de la compostera dependerá del material orgánico.

Colocar una capa de 5 cm. de material seco: hojas secas, pasto seco, etc.



Alternar una capa de tierra, residuos orgánicos, ceniza o cal para evitar malos olores, hasta completar una altura de 1m. a 1,20m. cubriendo la última capa, con paja o restos de cosechas. Colocar un tubo perforado en el centro de la compostera para que sirva como aireación y regar la compostera.



Una vez que se llene la compostera, se deja descansar tres meses. Durante este tiempo es importante realizar los volteos cada dos o tres semanas, recordando humedecer la cama después del volteo. Podemos observar que esta listo el compost, cuando tiene la consistencia de la tierra y no tiene mal olor.



### Anexo 15: Registro familias capacitadas parroquia San Roque




**Modelo de Gestión Integral de Residuos Sólidos Antonio Ante - Ecuador**  
Este proyecto es financiado por la UNIÓN EUROPEA

**Registro de capacitaciones para la clasificación de los Residuos Sólidos en la Parroquia de San Roque**

Técnico Responsable: Santiago Eraso Fecha: 15 de Marzo del 2012

Nº	Nombre de la persona capacitada	Nº de Cédula	Barrio/Sector	Firma
1	Luisa Diaz		Yamburuna	
2	Victor Yamberlo		Yamburuna	
3	Cristian Diaz		La Esperanza	X <i>[Signature]</i>
4	Alicia Morales	100279735-3	La Esperanza	X Alicia Morales
5	Jorge Montalvo	100195200-9	La Esperanza	X <i>[Signature]</i>
6	Maria Montalvo de la Torre	100105693-4	La Esperanza	X <i>[Signature]</i>
7	Maria Maldonado	100390714-1	La Esperanza	X Maria Maldonado
8	Luis Ramirez	100269577-6	La Esperanza	X <i>[Signature]</i>
9	Zaira Montalvo	10075738-2	La Esperanza	X <i>[Signature]</i>
10	Luisa de la Torre	100183023-0	La Esperanza/Las Ruelas	X <i>[Signature]</i>
11	Guillermo Pineda	100419333-8	La Esperanza / "	X <i>[Signature]</i>
12	Fernando Rodriguez	100224577-5	" / "	X <i>[Signature]</i>
13	Fernando Diaz	100295764-3	" / "	X <i>[Signature]</i>
14	Elvira Placencia		" / "	X <i>[Signature]</i>
15	Johanna Cabiscango	100310124-7	" / "	X <i>[Signature]</i>
16	Narciza Cordova	100283912-2	" / "	X <i>[Signature]</i>

Calle General Enriquez y Sucre Email: gestionresiduos@antonioante.gub.ec Telf: 2908 390




**Modelo de Gestión Integral de Residuos Sólidos Antonio Ante - Ecuador**  
Este proyecto es financiado por la UNIÓN EUROPEA

**Registro de capacitaciones para la clasificación de los Residuos Sólidos en la Parroquia de San Roque**

Técnico Responsable: Santiago Eraso Fecha: ..... de ..... del .....

Nº	Nombre de la persona capacitada	Nº de Cédula	Barrio/Sector	Firma
1	Ligia Ichav Flores	100097477-2	Chamana/Bolivar	X <i>[Signature]</i>
2	Liriana Grijalva		Chamana/Bolivar	
3	José Díaz	100160853-6	Chamana/Bolivar	X <i>[Signature]</i>
4	Veronica Castro	100349706-0	Chamana/Bolivar	X <i>[Signature]</i>
5	Ana Maria Tituana	100364267-3	Chamana/Bolivar	X <i>[Signature]</i>
6	Luisa de la Torre	100270142-3	Chamana/Bolivar	X <i>[Signature]</i>
7	Luis Carrillo	170636476-5	Chamana/Bolivar	X <i>[Signature]</i>
8	Maira Gonzales		Chamana/Bolivar	
9	Maria Pillaño	100228313-0	Chamana	
10	Maria Maldonado		Chamana	
11	Onoria Rosales		Calle Bolivar	X <i>[Signature]</i>
12	Adela Carmen Tituana		Sta Rosa	X <i>[Signature]</i>
13	Jose Antonio Amaguaña	100225955-2	Sta Rosa	X <i>[Signature]</i>

Calle General Enriquez y Sucre Email: gestionresiduos@antonioante.gub.ec Telf: 2908 390

Anexo 16: Material utilizado en las campañas ambientales

**MATERIAL EDUCATIVO: Fotografía 44**



- Bolsos ecológicos (de tela)
- Adhesivos de capacitación, felicitación, o sanción reparadora.
- Carpetas
- Cartillas magnéticas
- Cartuchera
- Dípticos
- Manillas

## Anexo 17: Registro capacitación en los mercados



PROYECTO "MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS  
ANTONIO ANTE - ECUADOR"

**REGISTRO DE ASISTENCIA**

Actividad 1.3 IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA MANEJO DE RESIDUOS EN MERCADOS



EVENTO: Taller Capacitación "Mercados Saludables"  
LUGAR: Salón Máximo del Gobierno Municipal de Antonio Ante

FECHA: 31 de julio de 2012 HORA: 14:30

Nº	NOMBRE	CEDULA CIUDADANÍA	ASOCIACIÓN	FIRMA
11	Maria Lita Pavao	100071749-4	19 de Marzo	<i>Leigia Pavao</i>
12	Juan Pablo Espinosa	100074291-4	19 de Marzo	Juana Males
13	Margarita Gómez Morocho	060373031-8	19 de Marzo	Margarita G.M
14	Pedro Guacho Guacho	092020092-0	19 de Marzo	<i>Pedro Guacho</i>
15	Carmen Sanchez	100186748-8	19 de Marzo	<i>Carmen Sanchez</i>
16	Josefa Morocho		19 de Marzo	
17	Mónica <del>Sanchez</del> Suffitaxi	180160398-4	19 de Marzo	<i>Cecilia Bonifante</i>
18	Maria Mercedes Parro Toboango	100184046-2	19 de Marzo	<i>Maria Mercedes</i>
19	Maria Josefina Pucasi	100045578-0	19 de Marzo	
20	Segundo Gato Bonifaz Bamba	1001966490	19 de Marzo	<i>Segundo Gato</i>



PROYECTO "MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS  
ANTONIO ANTE - ECUADOR"

**REGISTRO DE ASISTENCIA**

Actividad 1.3 IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA MANEJO DE RESIDUOS EN MERCADOS



EVENTO: Taller Capacitación "Mercados Saludables"  
LUGAR: Salón Máximo del Gobierno Municipal de Antonio Ante

FECHA: 01 de Agosto de 2012 HORA: 14:30

Nº	NOMBRE	CEDULA CIUDADANÍA	ASOCIACIÓN	FIRMA
11	Gonzalo Lema Caguano	100190602-1	Libertad	<i>Gonzalo Lema</i>
12	Segundo Tiquel Ramirez Urquiza	100141306-4	Libertad	<i>Segundo Tiquel</i>
13	ANA CRISTINA AVILA VALESOS	100294071-5	Libertad	<i>ANA CRISTINA</i>
14	Esther Arango Ibandango	100039783-4	Libertad	<i>Esther Arango</i>
15	MARIA ANTONIA GARCIA PADILLA	060146900-8	LIBERTAD	<i>MARIA ANTONIA</i>
16	RICARDO LEMAS CABALLO	100248071-1	LIBERTAD	<i>Ricardo Lemas</i>
17	PETRONA CABUSNO ROMANUELA	100165399-5	LIBERTAD	<i>Petrona Cabusno</i>
18	Rosario Gomez Galbanga	1000985440x	Libertad	<i>Rosario Gomez</i>
19	Rocio Chapí Pérez	100198629-0	Libertad	<i>Rocio Chapí</i>
20	Marlene Pantaja Bonavides	-	Libertad	<i>Isidro Castro</i>

**Anexo 18:** Entrega de contenedores y tachos de basura a los comerciantes de los mercados

**TACHOS Y CONTENEDORES ENTREGADOS:**

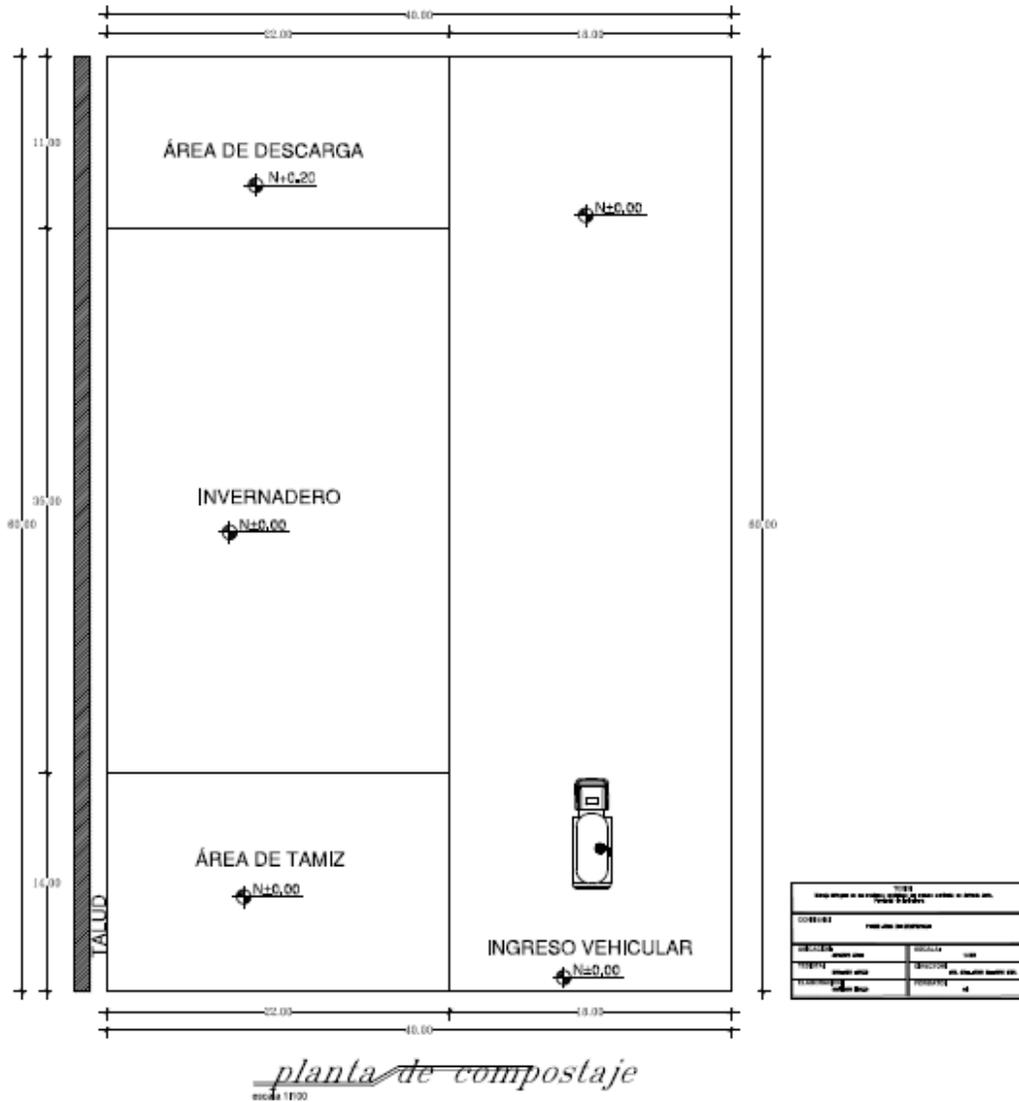


Fotografía 45: Contenedores entregados



Fotografía 46: Tachos entregados

**Anexo 19:** Plano de la planta de compostaje



Anexo 20: Manual de la planta de compostaje

GOBIERNO MUNICIPAL DE ANTONIO ANTE  
UNION EUROPEA  
UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE

TESIS: *"Manejo Integral de los Residuos Orgánicos del Relleno Sanitario de Antonio Ante"*

Autor: Santiago Erazo

Diciembre 2012

**PLANTA DE COMPOSTAJE  
RELLENO SANITARIO DE ANTONIO ANTE**



*"Antonio Ante, trabajando por la gestión integral de los residuos sólidos"*

Anexo 21: Manual sobre pesaje de los residuos



GOBIERNO MUNICIPAL DE ANTONIO ANTE  
UNION EUROPEA  
UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE

TESIS: *"Manejo Integral de los Residuos Orgánicos del  
Relleno Sanitario de Antonio Ante"*

Autor: Santiago Erazo

Diciembre 2012

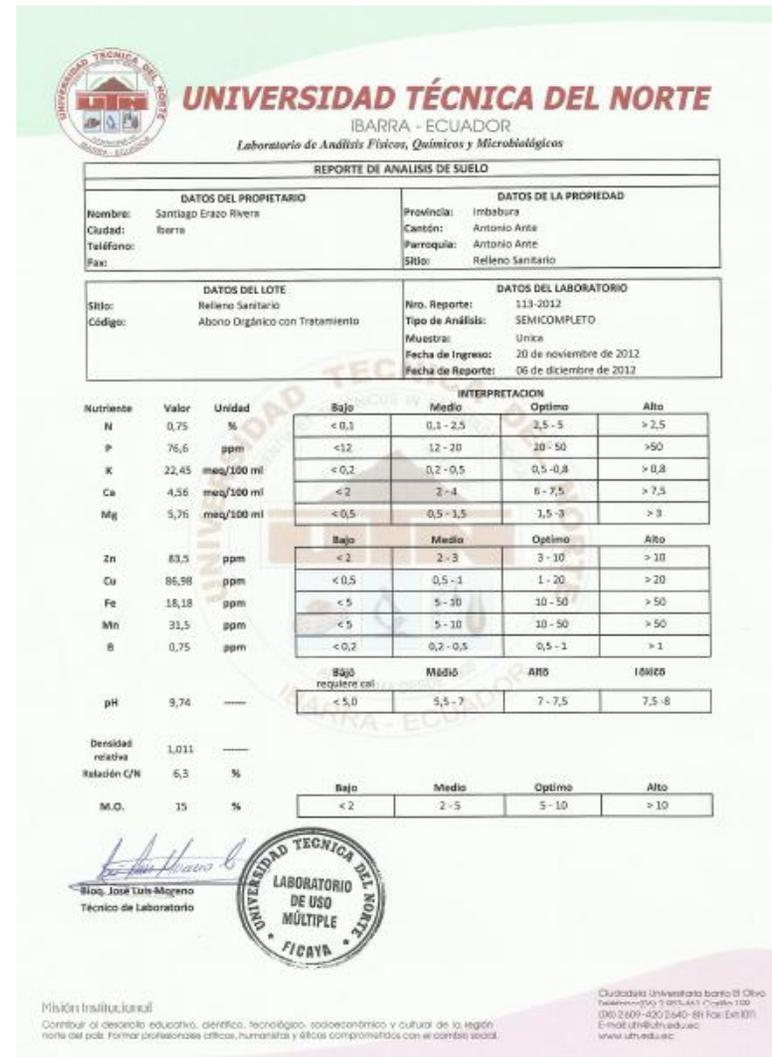
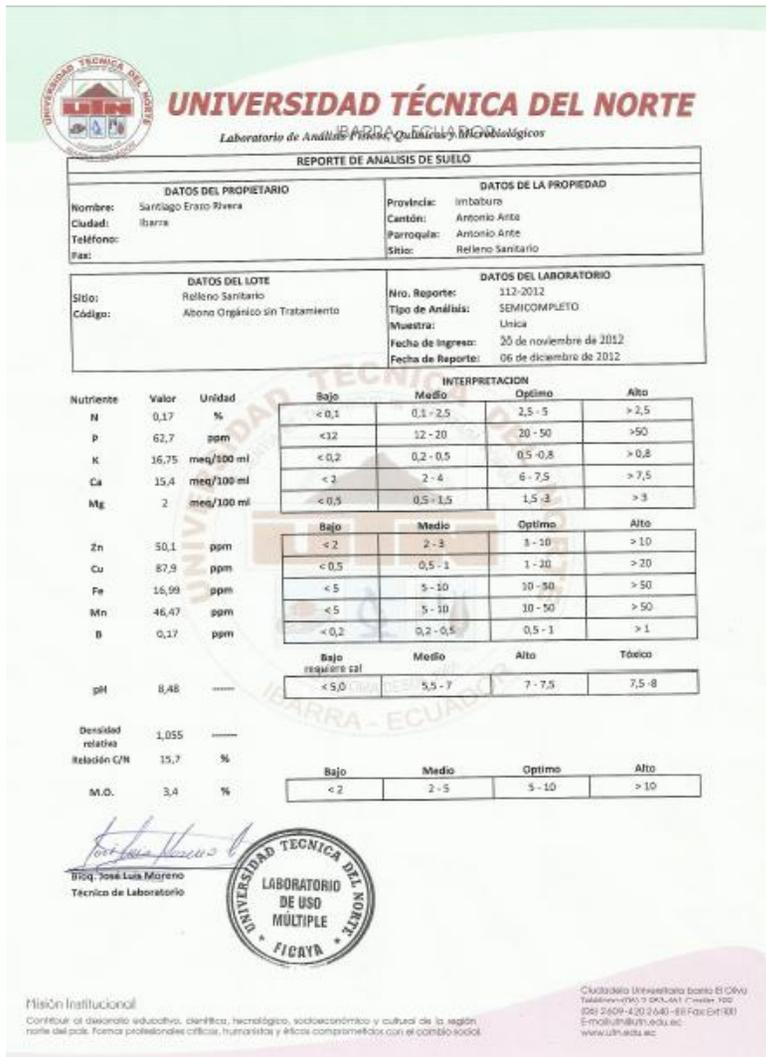
12

PESAJE DE LOS RESIDUOS  
RELLENO SANITARIO DE ANTONIO ANTE



*"Antonio Ante, trabajando por la gestión integral de los residuos sólidos"*

## Anexo 22: Resultado de los tratamientos



Anexo 23: Documentos de adquisición de los equipos



**ACOSTA MAFLA ROSA ISABEL**  
 Mastría y Edificio: Bolívar N° 7-006 y 7-006-01  
 TIGO 2337371 / FONTELICHO - 238 505287 / Pimampiro - Ecuador  
 OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD  
 AUT.SRI: 1110112486 RUC: 1706322670001

SERIE  
**FACTURA 003-001-00 N° 0001978**

CLIENTE: MUNICIPIO DE ANTONIO ANTE  
 RUC: 1060000340001  
 DIRECCIÓN: General Enriquez y Sucre  
 FECHA: 16/12/2011  
 TELÉFONO: 2906115

CANT	DETALLE	V. UNITARIO	V. TOTAL
1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA PARA LA PLATAFORMA DE PREPARACIÓN DE COMPOST DEL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN ANTONIO ANTE	10.000,00	10.000,00
<b>SUBTOTAL</b>		<b>10.000,00</b>	<b>10.000,00</b>
IVA 12%		1.200,00	
<b>TOTAL</b>		<b>11.200,00</b>	<b>11.200,00</b>

Modelo de Gestión Integral de Residuos Sólidos  
 Unión Europea PAGO CON FONDOS DE LA UNIÓN EUROPEA

Recibo conforme  
 MUNICIPIO DE ANTONIO ANTE  
 General Enriquez y Sucre  
 Telf: 2906115



FEDER: QUITO, 20 DE NOVIEMBRE DE 2011  
 CLIENTE: MUNICIPIO DE ANTONIO ANTE TELEFONO: 06296115  
 C.I./RUC: 1060000340001 DIRECCION: RIO PINACONO 11-19 Y AV. JULIO KORTES R A QUITO  
 VENED.: SANTIAGO SANDOVAL CONTROL: 8320001219 K.VZ. VEHICULOS

R.U.C. 1891715664001  
 AUT. SRI. N°: 1110082704  
**FACTURA 002-001 N°: 0001219**

MODELO:	ROBOT 180	COMBUSTIBLE:	DIESEL
MARCA:	JCB	TONELAJE:	2,74 TONELAJE
CLASE:	MAQUINARIA	CILINDRARE:	2200
MOTOR:	0F45702U10977U	KCV:	
CHASIS:	JCB180MT0104900		
COLOR:	AMARILLO		
ANOS:	2010		

FORMA DE PAGO:  
 CANT. INICIAL: 37.240,00 T.C.: 1,00

IMPORTE	MONEDA	IMPORTE	MONEDA
SUBTOTAL	USD	37.240,00	USD
DESCUENTO	USD	0,00	USD
BASE IMPONIBLE	USD	37.240,00	USD
IVA	USD	3.724,00	USD
TOTAL	USD	40.964,00	USD
OTROS CARGOS	USD	0,00	USD
TOTAL FACTURA	USD	40.964,00	USD

Sum: TREINTA Y SIETE MIL NOVECIENTOS CUARENTA CON 00/100000 DOLARES  
 De acuerdo al Art. 10 del Reglamento de registro de depósitos para el otorgamiento de vehículos, desde el plazo máximo de 3 días de emisión de comprobantes de venta.

EL VENDEDOR: SANTIAGO SANDOVAL EL COMPRADOR: [Firma]



**SISTEMAS Y BALANZAS S.A.**  
 RUC: 1790817423001

SENORES: MUNICIPIO DE ANTONIO ANTE  
 RUC: 1060000340001  
 DIR: General Enriquez y Sucre  
 REFERENCIAS: Telf: 062906115

AUTORIZACION S.R.L.: 1110146277  
 FECHA DE IMPRESION: 27 DE SEPTIEMBRE DEL 2011

CIUDAD Y FECHA: QUITO, 13 Diciembre del 2011

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Bal-Cam-40T	Implementación De Una Bascula Camionera En El Relleno Sanitario Del Cantón Antonio Ante, De 40 Toneladas con 4 Celdas Analógicas.	1	22.300,00	22.300,00

FORMA DE PAGO: SUBTOTAL 22.300,00

RECIBI CONFORME: SISBAL S.A. SISTEMAS Y BALANZAS RUC: 1790817423001

NOMBRE: VENDEDOR  
 C.I./RUC:

Modelo de Gestión Integral de Residuos Sólidos  
 Unión Europea PAGO CON FONDOS DE LA UNIÓN EUROPEA

Aceptamos haber recibido la mercadería detallada en la factura y nos comprometemos a cancelar su valor en el plazo estipulado.

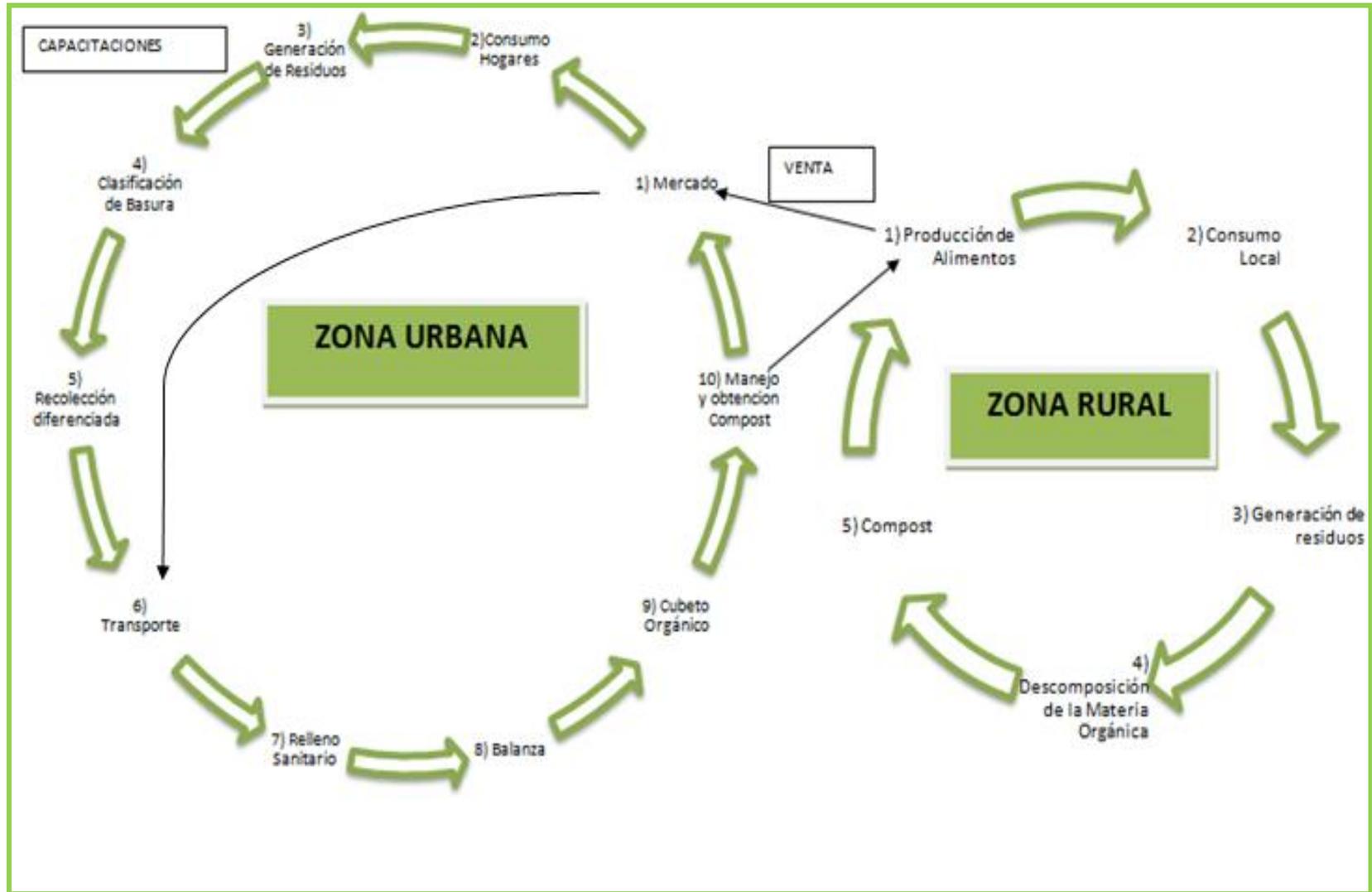
FACTURA No. 001-001-00 **0017027**

VENDEDOR/LOCAL:

IMPORTE	MONEDA	IMPORTE	MONEDA
SUBTOTAL		22.300,00	
DESCUENTO			
IVA Grav. 0%			
IVA Grav. %		22.300,00	
Importe IVA		2.876,00	
TOTAL \$		24.976,00	

ORIGINAL ÚNICO - COPIA DELIBERADA, S.R.L.  
 NACIONAL CRISTINA VICTOR GERMAN RUC: 17124930001 - Aut. SRI: 1110146277 - VALIDO PARA SU EMISION HASTA: 27 DE SEPTIEMBRE DEL 2012

Anexo 24: Flujo de los residuos orgánicos



**Anexo 25:** Modelo de la tesis “Manejo Integral de los residuos orgánicos del relleno sanitario de Antonio Ante”

OBJETIVO	METODOLOGIA	RESULTADO	CONCLUSIONES	RECOMENDACIONES
<p>1) Campañas de Educación Ambiental en San Roque y en los principales mercados del Cantón.</p>	<p>1)Talleres, 2)festivales ambientales, 3)capacitación puerta a puerta, 4)seguimiento de rutas, 5) inspecciones a hogares y escuelas, 6)capacitaciones en los mercados.</p>	<p>1)Material para capacitación 2) Se capacitó a 950 familias, 9 escuelas. 3) Separación en la fuente de los residuos. 4)recolección diferenciada de los residuos en San Roque. 5)1300 comerciantes capacitados. 6)donación de tachos y contenedores clasificadores a los mercados.</p>	<p>La campaña de Educación Ambiental ha permitido el involucramiento de toda la población en el proceso de separación en la fuente. Gracias a este esfuerzo ahora el 80% de la población anteña clasifica sus residuos en orgánicos e inorgánicos.</p>	<p>Se recomienda incorporar estos procesos en las Parroquias de Chaltura e Imbaya para que todo el cantón se involucre al 100% en el proceso de separación en la fuente.</p>
			<p>En los mercados, la dotación de tachos clasificadores y contenedores motivó a los comerciantes a separar sus residuos en cada puesto. En la actualidad gran cantidad de residuos orgánicos que ingresan a la planta de compostaje proviene de los mercados.</p>	<p>Involucrar a todos los mercados del cantón y continuar con los procesos de capacitación. Se recomienda dotar a cada comerciante de basureros clasificadores en cada puesto para motivarlos a que sigan con el proceso de separación de sus residuos.</p>
<p>2) Espacio exclusivo dentro del relleno para el manejo técnico de residuos orgánicos.</p>	<p>Adquisición, construcción e implementación de infraestructura, maquinaria, equipos e insumos para contar con la planta de compostaje.</p>	<p>Se cuenta con invernadero, plancha de cemento, área de tamiz, sistema de riego, sistema eléctrico, picadora, banda transportadora, minicargadora, potenciómetro, peachmetro, micoorganismos etc.</p>	<p>El manejo técnico dentro de la planta de compostaje, permitió la descomposición de los residuos orgánicos de manera más rápida y efectiva; los procedimientos que involucra el pesaje de los residuos, secado, trituración, apilamiento mensual, control de parámetros como pH, temperatura, humedad, aplicación de microorganismos comerciales, tamizado y ensacado del abono pueden representar ingresos económicos al relleno sanitario.</p>	<p>En la planta de compostaje es recomendable implementar en el área de descarga de los residuos orgánicos una construcción a manera de techo para evitar la mezcla de los residuos con aguas lluvias y con esto el incremento de lixiviados.</p>
		<p>Manual de manejo de la planta de compostaje.</p>		

OBJETIVO	METODOLOGIA	RESULTADO	CONCLUSIONES	RECOMENDACIONES
3) Pesaje de los Residuos.	Construcción de balanza e implementación de un sistema de pesaje	522Tn ingresan al mes en el relleno sanitario; 27% orgánico, 72% inorgánico y 1% biopeligroso. El 84% de res. Org. Y el 44% res inor. provienen de Atuntaqui	Se determinó un promedio de ingreso de residuos sólidos de 17, 21 t/día para el primer semestre del año 2012. (Febrero a julio 2012). El 72.8% de residuos corresponden al material inorgánico y el 27.01% al orgánico; mientras que el 0.19% corresponde a residuos biopeligrosos. Por tanto, la cantidad de residuos orgánicos que ingresan al relleno sanitario es de 4.64 Tn/día y el residuos inorgánico es de 12.53 Tn/día.	Se recomienda establecer proyecciones en base al peso de los residuos que ingresan al relleno y el tiempo de vida útil de la celda de residuos inorgánicos para determinar nuevas estrategias de reducción de los residuos.
		Manual del sistema de pesaje de los residuos en el relleno sanitario.	La tasa per cápita de generación proyectada del cantón Antonio Ante para el año 2012 es de 0.54 Kg/hab/día. Mientras que la estimación de la tasa per cápita según el ingreso de los residuos al relleno sanitario, es de 0.34 Kg/hab/día.	
4) Tratamiento más eficiente de descomposición y manejo técnico de la planta de compostaje.	Tratamiento 1: 1Tn de residuos orgánicos control de temperatura, pH, volteos, humedad. Tratamiento 2: 1Tn de residuos orgánicos controlando de temperatura, pH, volteos, humedad más la aplicación de microorganismos comerciales y picado de los residuos.	El tratamiento 1 se descompuso en 60 días; mientras que el tratamiento 2 lo hizo en 45 días. Tratamiento 1 se obtuvo el 30% de abono con relación al material orgánico descompuesto y el tratamiento 2 obtuvo el 33% con respecto a los residuos orgánicos que se tuvo al inicio del tratamiento	El control de parámetros como temperatura, humedad, volteo, pH además de aplicación de microorganismos comerciales y como parte del proceso de manejo el picado de los residuos ha reflejado un tiempo de descomposición de los residuos orgánicos de 45 días. Esta descomposición significa obtener abono de buena calidad en corto tiempo lo que representa ganancias para el relleno si se decide comercializar el producto	Implementar un estudio aplicando microorganismos nativos con el objetivo de inactivarlos buscando procedimientos que permitan aislar los microorganismos nativos para inocular de manera más sencilla sin tener la necesidad de capturar en un bosque nativo, sino simplemente con cepas que mediante refrigeración permitan su inoculación y así mejorar la rentabilidad de la planta de compostaje.
	Variables: Tiempo de descomposición de los residuos, cantidad de abono obtenido, y calidad del producto.	El tratamiento 2 nos da un producto de mejor calidad, mayor cantidad de macro y micronutrientes en la muestra, mayor cantidad de materia orgánica pero alto pH.		
	Manejo de la planta de compostaje aplicando el tratamiento que mejores resultados arrojó	Se aplicó la metodología del tratamiento dos en toda la planta de compostaje para descomponer los residuos orgánicos en menor tiempo		

OBJETIVO	METODOLOGIA	RESULTADO	CONCLUSIONES	RECOMENDACIONES
5) Analisis financiero sobre la planta de compostaje	Inversión inicial de la planta de compostaje, análisis económico de la planta y rentabilidad de la misma.	Al mes se obtiene 763 sacos de compost de 45 Kg, por lo tanto se gana 1.17 USD en cada saco de compost comercializado	Se invirtió 60.000 dólares en la planta de compostaje, adicionalmente se invierten 1777 dólares mensuales en el funcionamiento de ésta. Si se comercializa el producto obtenido, a 3,50 dólares el saco de 45 Kg que es el precio normal en el mercado; se ganaría 1,17 dólares en cada saco (ya que el costo de producción se recupera a 2,33 dólares el saco) y como al mes se obtiene un promedio de 763 sacos, se estaría ganando aproximadamente 892 dólares mensuales y se recuperaría la inversión en 5 años y medio.	Es importante llevar a cabo un estudio de mercado para el proceso de comercialización del compost, abrir mercados y obtener una marca del compost que se obtiene en el relleno sanitario.
		al mes se obtiene una ganancia de 892,71USD. La ganancia al año sería de 10.712,52USD. El tiempo de vida útil de la planta es de 10 años por lo tanto a los 10 años se obtendría 107.125 USD.		
		El VAN fue de 7.581,8USD, por lo tanto el proyecto es viable; el TIR es de 13,06%, el plazo de recuperación de la inversión es 5 años y medio y la relación beneficio/costo indica que por cada 100 dólares invertidos la ganancia será de 12 dólares.		
6) Capacitar comunidades rurales sobre compostaje	Con material didáctico se capacitó a los pobladores de la zona rural de San Roque	260 familias capacitadas; 3 comunidades Cerotal, Pucará, Jatun Rummi	La capacitación en las comunidades rurales de San Roque acerca del manejo de los residuos orgánicos permitió optimizar recursos económicos al no realizar recolección de residuos orgánicos en estas zonas y reducir la cantidad de residuos que ingresan al relleno Sanitario.	Seguir con el proceso de reducción del volumen en el origen ya que es una alternativa que ayudará a conservar los recursos y también tienen viabilidad económica.
	acerca de manejar los residuos orgánicos in situ a través de la implementación	Se suspendió ruta de recolección en la zona rural de residuos orgánicos.		