

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

**GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL CANTÓN CEVALLOS,
PROVINCIA DE TUNGURAHUA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA AMBIENTAL**

AUTOR: PAZMIÑO FREIRE JOSELYN ELIZABETH

joselyn.pazmino@epn.edu.ec

DIRECTOR: M.Sc. VILAÑA TRUJILLO GISSELA ELIZABETH

gissela.vilana@epn.edu.ec

CODIRECTOR: M.Sc. NARVÁEZ RIVERA CÉSAR ALFONSO

cesar.narvaez@epn.edu.ec

Quito, junio 2022

DECLARACIÓN

Yo, Pazmiño Freire Joselyn Elizabeth, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Pazmiño Freire Joselyn Elizabeth

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Pazmiño Freire Joselyn Elizabeth, bajo nuestra supervisión.

M.Sc. GISSELA VILAÑA
DIRECTOR DEL PROYECTO

M.Sc. CÉSAR NARVÁEZ
CODIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a la Virgen por bendecirme a lo largo de mi vida, por ser mi inspiración y fortaleza para continuar en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

A mi madre, por todo su amor y sacrificios en todos estos años que estuve lejos, gracias a usted he conseguido llegar tan lejos y ser lo que soy hoy en día, gracias por confiar y creer en mí, por los consejos, valores y principios que me ha inculcado.

A toda mi Familia, que siempre me ofreció su apoyo incondicional y estuvieron pendientes en todo momento, por sus llamadas y mensajes que me ayudaron a superar muchas cosas que se presentaron. A la señorita Mónica y a don Gino, que siempre me brindaron una mano y se convirtieron en mi familia, muchas gracias. Al padre Ciro Torres por ser una guía espiritual en todo este camino.

A todas las autoridades y personal que forman parte del GADM del cantón Cevallos, mi profundo agradecimiento, por la confianza que me dieron, abrimen las puertas y permitirme realizar todo el proceso de investigación y práctico dentro y fuera de la institución.

De igual manera mi profunda gratitud a la Escuela Politécnica Nacional, a todos mis profesores quienes con sus enseñanzas y conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional. A mi directora Ing. Gissela Vilaña y codirector Ing. César Narváez gracias por su tiempo, paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad para concluir con el presente trabajo a pesar de las circunstancias que se presentaron.

Finalmente, quiero agradecer a mi amiga Katherin Paredes, que a pesar de la distancias, siempre me apoyó, estuvo conmigo en las buenas y malas y me dio ánimos para seguir adelante, a mis amigos y amigas de facultad Luis Muños, Erika Pérez, Alejandro Bravo y Adriana Flores, por siempre estar conmigo día a día, por cada momento que pasamos juntos llenos de felicidad, risas, tristezas y estrés, a mis amigas de la residencia, Pamela, Silvia, Emy, Miled y Rosita por siempre estar ahí compartiendo momentos en familia y por las locuras que hicimos justas. Son personas muy importantes y soy muy afortunada de tenerlos en mi vida.

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a Dios y a la Virgen de Guadalupe por ser mi inspiración y darme la fuerza necesaria para continuar en este proceso.

A mi mamá Rita Freire quien con su cariño, paciencia y esfuerzo me ha permitido llegar a cumplir un sueño más, a mis tías y tío por haber sido mi apoyo a lo largo de mi vida y de mi carrera universitaria.

ÍNDICES

DECLARACIÓN	I
CERTIFICACIÓN	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICES	V
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE ANEXOS	XVII
RESUMEN	XIX
ABSTRACT	XXI
PRESENTACIÓN	XXIII
CAPÍTULO 1	1
GENERALIDADES	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 OBJETIVOS	3
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.3 ALCANCE	3
1.4 JUSTIFICACIÓN	4
CAPÍTULO 2	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES (RSM)	6

2.2	PROBLEMA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES (RSM)	6
2.3	CARACTERÍSTICAS DE LOS RSM	7
2.3.1	PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	7
2.3.2	PRODUCCIÓN PER CÁPITA DE RESIDUOS SÓLIDOS	8
2.3.3	DENSIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS	8
2.3.4	COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....	8
2.3.5	CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	8
2.3.6	PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	9
2.4	EFFECTOS DE LA INADECUADA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	15
2.4.1	RIESGOS A LA SALUD.....	15
2.4.2	EFFECTOS EN EL AMBIENTE	16
2.5	ETAPAS DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	18
2.5.1	GENERACIÓN	18
2.5.2	SEPARACIÓN EN ORIGEN	18
2.5.3	RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE.....	19
2.5.4	TRATAMIENTO.....	19
2.5.5	DISPOSICIÓN FINAL.....	20
2.6	ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	20
2.6.1	SEPARACIÓN EN LA FUENTE.....	20
2.6.2	TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS	21
2.6.3	DISPOSICIÓN FINAL.....	23
	CAPÍTULO 3.....	25
	NORMATIVA VIGENTE.....	25

CAPÍTULO 4	31
METODOLOGÍA	31
4.1 INFORMACIÓN BÁSICA DEL ÁREA DE ESTUDIO	31
4.1.1 DATOS DEL CANTÓN CEVALLOS.....	31
4.1.2 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	31
4.1.3 MEDIO BIOFÍSICO.....	32
4.1.4 MEDIO BIÓTICO	34
4.1.5 COMPONENTE ECONÓMICO –PRODUCTIVO	36
4.1.6 COMPONENTE SOCIAL – CULTURAL	38
4.1.7 GENERACIÓN DE RSM.....	38
4.2 MANEJO ACTUAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....	39
4.2.1 VISITA DE CAMPO	39
4.2.2 ENCUESTAS.....	42
4.3 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES CAUSADOS EN LAS FASES DE SEPARACIÓN EN LA FUENTE, TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y DISPOSICIÓN FINAL.....	45
4.3.1 VALORACIÓN DEL IMPACTO	46
4.3.2 CATEGORIZACIÓN DEL IMPACTO	49
4.4 DETERMINACIÓN DE LA TASA DE GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES, COMPOSICIÓN Y DENSIDAD	49
4.4.1 DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PER CÁPITA (PPC).....	50
4.4.2 PROYECCIÓN POBLACIONAL, DE PPC Y DE LA CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS	50
4.4.3 COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	51
4.4.4 DENSIDAD DE LOS RSM	51

4.5 PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA LA SEPARACIÓN EN LA FUENTE, TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y DISPOSICIÓN FINAL.....	52
CAPÍTULO 5.....	53
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
5.1 ANÁLISIS DE LA GESTIÓN ACTUAL DE LOS RESIDUOS.....	53
5.1.1 RESULTADOS DE LA VISITA DE CAMPO	53
5.1.2 RESULTADOS DE LAS ENCUESTA	59
5.2 RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	84
5.2.1 RESULTADOS DE LA VALORACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	84
5.2.2 RESULTADOS DE LA CATEGORIZACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	88
5.3 RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA TASA DE GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES, COMPOSICIÓN Y DENSIDAD.....	90
5.3.1 RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PER CÁPITA (PPC)	92
5.3.2 RESULTADOS DE LA PROYECCIÓN POBLACIONAL Y DE LA CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	93
5.3.3 COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	94
5.3.4 DENSIDAD DE LOS RSM	97
5.4 RESULTADOS DE LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA LA SEPARACIÓN, TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y DISPOSICIÓN FINAL	97
5.4.1 ALTERNATIVA EN LA FASE DE SEPARACIÓN EN LA FUENTE	98
5.4.2 ALTERNATIVA EN LA FASE DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS.....	106
5.4.3 ALTERNATIVA EN LA FASE DE DISPOSICIÓN FINAL.....	122

CAPÍTULO 6	132
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	132
6.1 CONCLUSIONES	132
6.2 RECOMENDACIONES.....	135
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	136
ANEXOS	145

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Actividades generadoras de residuos en América Latina y el Caribe	7
Tabla 2: Clasificación de los residuos sólidos	9
Tabla 3: Datos típicos sobre el análisis elemental de los compuestos combustibles en los RSM domésticos	12
Tabla 4: Valores típicos de contenido energético los RSM domésticos	13
Tabla 5: Etapas de reproducción de la mosca común	15
Tabla 6: Enfermedades transmitidas por vectores relacionadas con RSM	16
Tabla 7: Métodos para la construcción de un relleno sanitario	24
Tabla 8: Normativa Vigente	25
Tabla 9: Tipo de suelo	33
Tabla 10: Uso actual del suelo	33
Tabla 11: Ecosistemas o zonas de vida	34
Tabla 12: Ríos y drenajes	36
Tabla 13: PEA según rama de actividades en el cantón Cevallos	37
Tabla 14: Analfabetismo en la población de 15 años y más	38
Tabla 15: Nivel socioeconómico	44
Tabla 16: Acciones de las fases de gestión de RSM estudiadas	45
Tabla 17: Componentes ambientales	46
Tabla 18: Criterios de puntuación de la importancia del impacto ambiental	48
Tabla 19: Escala de puntuación	48
Tabla 20: Hoja de movilización del vehículo recolector marca Hino hg.	58
Tabla 21: Muestreo según estrato	59

Tabla 22: Nivel socio-económico del cantón Cevallos	60
Tabla 23: Matriz de identificación de impactos ambientales	85
Tabla 24: Matriz de importancia de impacto ambiental.....	86
Tabla 25: Matriz de magnitud de impactos ambientales	87
Tabla 26: Valores de la categorización de los impactos ambientales	88
Tabla 27: Matriz de categorización de impactos ambientales.....	89
Tabla 28: Cantidad de residuos generados al día	90
Tabla 29: Obtención de porcentajes de la generación de residuos	91
Tabla 30: Generación Total Diaria por Sector	92
Tabla 31: Producción Per Cápita.....	92
Tabla 32: Producción per cápita de residuos sólidos de Latino América y el Caribe	93
Tabla 33: Proyecciones de generación de residuos en el cantón Cevallos	94
Tabla 34: Porcentajes de la composición física de los residuos	95
Tabla 35: Composición física de los residuos generados en el cantón Cevallos kg/día.....	95
Tabla 36: Generación de residuos sólidos segregada en kg/día para el Sector Hospitalario del Cantón Cevallos	96
Tabla 37: Densidad de los residuos	97
Tabla 38: Recolección de residuos reciclables y orgánicos.....	101
Tabla 39: Cantidad recuperada de residuos reciclables	102
Tabla 40: Dimensionamiento del centro de acopio de material reciclables.....	103
Tabla 41: Valor económicos de los residuos reciclables	105
Tabla 42: Costos aproximados en la separación en la fuente	105

Tabla 43: Plantilla de control del proceso de compostaje	114
Tabla 44: Puntos críticos que afectan el compostaje.....	114
Tabla 45: Consideraciones de las fases de compostaje	115
Tabla 46: Parámetros y rangos ideales en las fases de compostaje	116
Tabla 47: Clasificación de las fracciones estándar del compost	118
Tabla 48: Costos aproximados para la planta compostaje	120
Tabla 49: Resultados dl área total del relleno sanitario manual.....	125
Tabla 50: Mano de obra para la operación del relleno sanitario	130
Tabla 51: Costos aproximados para la disposición final en un relleno sanitario manual.....	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Principales generadores de residuos sólidos municipales.....	6
Figura 2: Separación en la fuente	20
Figura 3: Compostaje de residuos orgánicos	22
Figura 4: Planta de Biometanización	22
Figura 5: Mapa de Ubicación Cantonal	31
Figura 6: Mapa del Tipo de Clima	32
Figura 7: Mapa del Tipo de Suelo	33
Figura 8: Mapa de Uso Actual del Suelo	34
Figura 9: Mapa de Zonas de Vida o Ecosistemas	35
Figura 10: Mapa de hidrografía del cantón Cevallos	36
Figura 11: Botadero a cielo abierto del cantón Cevallos.....	39
Figura 12: Separación en la fuente del sector domiciliar	53
Figura 13: Separación en la fuente del sector comercial	54
Figura 14: Separación en la fuente del sector industrial	54
Figura 15: Separación en la fuente del mercado	55
Figura 16: Separación en la fuente del sector educativo	56
Figura 17: Separación en la fuente del centro de salud.....	56
Figura 18: Recolección de residuos del barrido.....	57
Figura 19: Disposición final de los residuos	57
Figura 20: Elaboración de encuestas y entrega de trípticos	60
Figura 21: Separación de residuos en el sector domiciliar	61
Figura 22: Cómo se separan los residuos en los domicilios	61
Figura 23: Material reciclado	62
Figura 24: Material que arroja con más frecuencia a la basura	62

Figura 25: Tipo de recipiente para almacenar temporalmente los residuos.....	63
Figura 26: Participación en programa de separación en la fuente.....	63
Figura 27: Disposición de los residuos si el recolector no pasa por el domicilio	64
Figura 28: Frecuencia de recolección	65
Figura 29: Frecuencia que pasa el recolector	65
Figura 30: Servicio de recolección actual	66
Figura 31: Tarifa que estaría dispuesto a pagar por el manejo de residuos	66
Figura 32: Cómo se encuentra el cantón con respecto a la limpieza.....	67
Figura 33: Manejo de residuos orgánicos.....	67
Figura 34: Conocimiento y beneficio del compostaje.....	68
Figura 35: Conocimiento de reciclaje de residuos sólidos	68
Figura 36: Disponibilidad para la separación de residuos orgánico, inorgánicos y sanitarios.....	69
Figura 37: Estaría de acuerdo con la existencia de una planta de tratamiento y reciclaje de residuos sólidos en el cantón	69
Figura 38: Consideraciones para sanciones por parte de la municipalidad	70
Figura 39: Existencia de basurales en el cantón	71
Figura 40: Conocimiento del lugar de disposición final de residuos.....	71
Figura 41: Separación de residuos en los comercios	72
Figura 42: Material que se recicla	72
Figura 43: Razones por las cuales no separan los residuos en los comercios	73
Figura 44: Disposición de los residuos cuando no pasa el recolector.....	73
Figura 45: Frecuencia de recolección	74
Figura 46: Tratamiento de residuos.....	74

Figura 47: Lugar de disposición de residuos	75
Figura 48: Problemas que existen en el manejo de los residuos en los comercios	75
Figura 49: Razones para no separar los residuos en las industrias.....	76
Figura 50: Formas en las que separan los residuos	76
Figura 51: Materiales que reciclan	77
Figura 52: Recipientes para almacenar los residuos	77
Figura 53: Tipo de material que arroja con más frecuencia	78
Figura 54: Disposición de los residuos cuando no pasa el recolector.....	78
Figura 55: Frecuencia de entrega de residuos	79
Figura 56: Tratamiento de residuos.....	79
Figura 57: Conocimiento del lugar de disposición de residuos	80
Figura 58: Problemas que existen en el manejo de los residuos en los comercios	80
Figura 59: Separación de residuos en el mercado	81
Figura 60: Cómo separa los residuos reciclables	81
Figura 61: Tipo de recipientes para el almacenamiento de los residuos	81
Figura 62: Residuos que se arrojan con más frecuencia	82
Figura 63: Separación de residuos en las unidades educativas	82
Figura 64: Tipo de recipientes para almacenar los residuos.....	83
Figura 65: Residuos que se arrojan con más frecuencia	83
Figura 66: Separación de residuos del subcentro de salud	84
Figura 67: Promedio del cálculo de valoración del impacto	88
Figura 68: Composición de RSM.....	96
Figura 69: Composición de residuos hospitalarios	97

Figura 70: Diseño de planta de compostaje	110
Figura 71: Pilas de compostaje	113
Figura 72: Método del puño	117
Figura 73: Tamiz manual	119
Figura 74: Dimensiones pertenecientes a la celda diaria	130

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 FORMATO DE ENCUESTA SOCIO-ECONÓMICAS.....	145
ANEXO 2 FORMATO DE ENCUESTAS SOBRE LA GESTIÓN DE RESIDUOS EN LAS DISTINTAS FUENTES DE GENERACIÓN	148
ANEXO 3 TRÍPTICO DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	156
ANEXO 4 GIGANTOGRAFÍA SOBRE LA GESTIÓN DE RESIDUOS	159
ANEXO 5 MATRICES DE EXTENSIÓN, REVERSIBILIDAD Y DURACIÓN	161
ANEXO 6 MANUAL DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS	165
ANEXO 7 DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE RESIDUOS RECICLABLES PARA EL AÑO 2026.....	184

SÍMBOLOS Y SIGLAS

ALC = América Latina y el Caribe

AME = Asociación de Municipalidades Ecuatorianas

C/N = Relación Carbono-Nitrógeno

DOM = Domiciliar

EMAs = Microorganismos Eficientes Autóctonos

EPP = Equipo de Protección Personal

GADM = Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal

GIRS = Gestión Integral de Residuos Sólidos

IESS = Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social

INEC = Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

ISSFA = Instituto de Seguridad Social de las Fuerzas Armadas

ISSPOL = Instituto de Seguridad Social de la Policía Nacional

PDOT = Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial

PEA = Población Económica Activa

PET = Polietileno Tereftalato

PPC = Producción Per Cápita

RS = Relleno Sanitario

RSM = Residuos Sólidos Municipales

SNIM = Sistema Nacional de Información Municipal

RESUMEN

El presente trabajo de titulación se enfoca en la gestión de residuos sólidos municipales de todo el cantón Cevallos, el inadecuado manejo de estos residuos se da debido a la falta de responsabilidad ambiental y se ve incrementada por el crecimiento poblacional, desconocimiento de temas como la separación de residuos en la fuente, el tratamiento de los residuos orgánicos y la disposición final, como consecuencia de esto se generan grandes impactos hacia diversos ámbitos, siendo los principales la población y el ambiente.

Se incluye información básica del cantón Cevallos, con el fin de tener una visión más clara del entorno. Para esclarecer el manejo que se realiza en la actualidad de los residuos sólidos, se realizó visitas de campo donde se definió las fuentes generadoras. El sector domiciliario es la fuente que tiene mayor impacto en la producción total de residuos sólidos con un valor del 93,31 %, seguido por las plazas y mercados con un 3,85 %, el sector comercial con un 1,86 % y las industrias con el 0,43 %. Es importante tener en cuenta que en el cantón Cevallos no existe un sistema de separación en la fuente controlada por la municipalidad, los principales residuos generados son los orgánicos en un 45 % seguido de los textiles como el cuero en un 23 %.

Las encuestas realizadas a los pobladores brindan la siguiente información, en la zona urbana separan el 55 % de los residuos, mientras que en la zona rural el 83 %, esta diferencia es debido al alto porcentaje de separación de residuos orgánicos que tiene la zona rural en un 52 % vs la zona urbana en un 17 %, en esta zona la separación del material reciclable llega a un porcentaje del 28 % lo cual no dista en gran medida con la zona rural del 24 %, el principal material reciclable separado es el plástico. Con respecto a las otras fuentes de generación se tiene que no separan los residuos en un 80 % el mercado (centro de acopio y comercialización Cevallos), en un 56 % las industrias y 24 % los comercios, las principales razones por las

cuales no se separan los residuos son: por el tiempo que se requiere en un 45 % los comercios, 25 % las industrias, 17 % el centro de acopio y comercialización Cevallos y por el desconocimiento del tema el 57 % el mercado (centros de acopio y comercialización Cevallos), 33 % los comercios y 19 % industrias o microindustrias.

Se realizó la identificación de impactos ambientales, donde se evaluaron dos fases. La primera es la separación en la fuente, la cual hace referencia a los sitios donde la población dispone sus residuos sólidos de manera temporal; y la segunda es la disposición final que hace referencia al botadero a cielo abierto con el que cuenta el cantón, se identificó 60 impactos negativos y 12 impactos positivos. La cantidad de residuos sólidos generados en el cantón es de 6643 kg/día, su producción per cápita es de 0,65 kg/hab*día la composición corresponde a 45 % en orgánico, 23% textiles (cuero), 12 % otros residuos que no son aprovechables, 20 % de (PET, plástico, vidrio, pañales, chatarra papel y cartón), la densidad total tiene un valor de 96.619 kg/m³.

Las alternativas están constituidas por un programa de reciclaje, con una recuperación de 770,12 kg/día de material reciclable, las dimensiones del lugar de almacenamiento de 2,5 m de alto, 6 m de ancho y 10 m de largo, además de los costos para la implementación de \$ 14.125,04 al año y un ingreso de \$648,04 a la semana. Con respecto al programade compostaje se tiene 3.216,37 kg/día de residuos orgánicos producidos, para el tratamiento se ubicarán 36 pilas de compost de 2,5 m de ancho, 1,3 m de alto y 6,6 m de longitud cada una y un costo de implementación de \$ 59.407,46. Por último, se determinó los datos necesarios, entre ellos el área que se requerida para un relleno sanitario manual que es igual a 1,7 hectáreas, una celda diaria de 16,7 m²/día, 3 trabajadores para la operación del relleno y un costo de implementación de \$ 150.397,6.

Palabras clave: tratamiento de residuos orgánicos separación en la fuente, disposición final, residuos sólidos, reciclaje, compostaje, tratamiento.

ABSTRACT

The present titling work focuses on the management of municipal solid waste throughout the Cevallos canton, the inadequate management of this waste is due to the lack of environmental responsibility and is increased by population growth, ignorance of issues such as separation of waste at the source, the treatment of organic waste and its final disposal, as a consequence of this great impacts are generated towards various spheres, the main ones being the population and the environment.

Basic information of the Cevallos canton is included, in order to have a clearer vision of the environment. To clarify the current management of solid waste, field visits were made where the generating sources were defined. The household sector is the source that has the greatest impact on the total production of solid waste with a value of 93,31 %, followed by squares and markets with 3,85 %, the commercial sector with 1,86 % and the industries with 0,43 %. It is important to keep in mind that in the Cevallos canton there is no separation system at the source controlled by the municipality, the main waste generated is organic at 45 % followed by textiles such as leather at 23 %.

The surveys carried out on the inhabitants provide the following information, in the urban area they separate 55 % of the waste, while in the rural area 83 %, this difference is due to the high percentage of separation of organic waste that the rural area has in 52 % vs. the urban area in 17 %, in this area the separation of recyclable material reaches a percentage of 28 % which is not far from the rural area of 24 %, the main separated recyclable material is the plastic. With respect to the other sources of generation, waste is not separated by 80 % in the market (Cevallos collection and marketing center), in 56 % by industries and 24 % by businesses, the main reasons why they are not separated. separate the waste are: due to the time required, 45 % are shops, 25 % are industries, 17 % are the Cevallos collection and

marketing center and 57 % are market due to ignorance of the subject (Cevallos collection and marketing centers), 33 % businesses and 19 % industries or microindustries.

The identification of environmental impacts was carried out, where two phases were evaluated. The first is separation at the source, which refers to the places where the population temporarily disposes of its solid waste; and the second is the final provision that refers to the open-air dump that the canton has, 60 negative impacts and 12 positive impacts were identified. The amount of solid waste generated in the canton is 6.643 kg/day, its production per capita is 0,65 kg/hab*day, the composition corresponds to 45 % organic, 23% textiles (leather), 12 % other waste that are not usable, 20 % of (PET, plastic, glass, diapers, scrap paper and cardboard), the total density has a value of 96.619 kg/m³.

The alternatives are constituted by a recycling program, with a recovery of 770,12 kg/day of recyclable material, the dimensions of the storage place of 2.5 m high, 6 m wide and 10 m long, in addition to implementation costs of \$14.125,04 per year and income of \$648,04 per week. With respect to the composting program, there are 3.216,37 kg/day of organic waste produced, for the treatment 36 compost piles of 2,5 m wide, 1,3 m high and 6,6 m long each will be located. and an implementation cost of \$59.407,46. Finally, the necessary data was determined, including the area required for a manual sanitary landfill that is equal to 1,7 hectares, a daily cell of 16,7 m²/day, 3 workers for the operation of the landfill and a implementation cost of \$150.397,6.

Keywords: organic waste treatment source separation, final disposal, solid waste, recycling, composting, treatment.

PRESENTACIÓN

El trabajo de titulación pretende ofrecer tres propuestas de optimización del manejo de los residuos en las fases de: separación en la fuente, tratamiento de residuos orgánicos y disposición final en el cantón Cevallos provincia de Tungurahua. El trabajo consta de cinco capítulos descritos a continuación:

Capítulo 1: Se detallan los antecedentes, el objetivo general, objetivos específicos, el alcance del proyecto, la hipótesis y justificación del trabajo a presentar.

Capítulo 2: Se encuentra el marco teórico, en donde está la definición de residuos sólidos municipales (RSM), problemas que puede generar un mal manejo de los RSM, las características que tienen los residuos de las distintas actividades en que se generan, los efectos por el manejo inadecuado de los residuos, modelos y etapas de gestión de los residuos y por últimos las alternativas para un buen manejo de los residuos sólidos en general.

Capítulo 3: Consta el marco legal para la gestión de los residuos sólidos y los principios aplicables a la gestión de residuos sólidos municipales Ecuador.

Capítulo 4: Corresponde a la metodología a desarrollarse y consta de información sobre el área de estudio, el diagnóstico del manejo actual de los residuos sólidos mediante visitas a campo y encuestas tanto del nivel socio económico como del manejo de los residuos, además está la identificación de los impactos medio ambientales que se generan en las fases establecidas en las visitas a campo mediante una matriz de Leopold, la determinación de la PPC, composición y densidad y por último se presentan las propuestas para las fases de: separación en la fuente, tratamiento de residuos orgánicos y disposición final.

Capítulo 5: Se presentan los resultados de las visitas a campo, encuestas, los impactos existentes mediante la matriz de Leopold, la PPC, la composición y densidad de los residuos, además del desarrollo de las propuestas planteadas.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

La producción de residuos es un proceso que siempre ha existido a lo largo del tiempo, pero en los últimos años se ha convertido en un problema global tanto para las sociedades como para el ambiente (Guzmán Chávez & Macías Manzanares, 2012). Con los avances tecnológicos, los costos ambientales se han incrementado, debido a que la naturaleza está llegando a un límite de capacidad para proveer recursos renovables y para absorber los residuos que se generan por el consumo humano. Debido a esto es importante que los residuos generados sean reingresados como parte de la materia prima a los distintos procesos de fabricación, reduciendo el consumo de materia virgen y disminuyendo de esa manera el impacto ambiental y social (Cruz Sotelo & Ojeda Benítez, 2013).

“En América Latina y el Caribe (ALC), la gestión de los residuos sólidos es un asunto aún sin resolver, en el año 2012 se produjeron 130.000 de toneladas con una proyección para el año 2025 de 220 millones de toneladas, el constante aumento de residuos se debe a la falta de personas capacitadas en el manejo de residuos sólidos, falta de lugares para la disposición final y educación ambiental a la población” (Hernández Berriel et al., 2016). “Además en ALC la tercera parte de los residuos que se generan son depositados en botaderos a cielo abierto, los cuales causan contaminación de forma inmediata al suelo, aire y agua, debido a que la descomposición de algunos residuos libera gases nocivos que tendrán un impacto directo en la salud pública” (Portilla Castañeda, 2021).

Con respecto a Ecuador, se generan 375.000 ton de residuos sólidos, con un 57 % en residuos orgánicos y 43 % de inorgánicos. De este total solo el 4 % es recuperado mientras que el 96 % es dispuesto en los diferentes sistemas de disposición final que existen en el país (El Universo, 2020). “Del 96 % de residuos que no son recuperados, el 35 % son dispuestos en rellenos sanitarios, el 23,3 % son colocados en vertederos controlados y celdas emergentes, y el 41,7 % se depositan en botaderos a cielo abierto, ríos y quebradas” (Solíz Torres et al., 2020).

Debido a que Ecuador ha incrementado la producción de residuos sólidos a lo largo del tiempo, y con una falta de políticas de reducción, separación en la fuente y malas condiciones de disposición final, la Asociación de Municipalidades Ecuatorianas (AME) y el INEC, mediante el Sistema Nacional de Información Municipal (SNIM), generan información sobre distintos aspectos entre ellos la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS), cada municipalidad llena este instrumento y de esa manera se obtiene información actualizada, precisa, para una adecuada toma de decisiones y mejorar la GIRS (Solíz Torres et al., 2020).

En Cevallos, cantón perteneciente a la provincia de Tungurahua, los residuos sólidos son depositados en un botadero a cielo abierto, estos son enterrados y el suelo compactado por maquinaria pesada, el cantón no posee un sistema de separación en la fuente por lo tanto todos los residuos tanto inorgánicos como orgánicos tienen el mismo destino. Todos estos residuos producen gases, malos olores, gran cantidad de vectores y lixiviados que dan mal aspecto a todo el sector. Además, no existe una cultura de reciclaje por lo que solo el 10 % de la población hace un proceso de separación en la fuente y el resto no realiza ninguna actividad (Cevallos, 2015).

Debido a que el cantón es agrícola posee una gran cantidad de residuos orgánicos los cuales pueden servir para la generación de abono, pero la falta de conocimiento por parte de la población en cuanto al tratamiento de los residuos orgánicos, no permite la creación de una planta de compostaje, por razones como: la generación de malos olores y aumento de vectores.

Por tales circunstancias, el estudio a realizarse en el presente trabajo pretende aportar con alternativas que mejoren la gestión de los residuos sólidos del cantón Cevallos en las siguientes fases: en primer lugar la separación en la fuente, que permitirá reducir la cantidad de residuos reciclables que son colocados en el botadero municipal, en segundo lugar el tratamiento de los residuos orgánicos con un programa de compostaje el cual disminuirá la cantidad de residuos orgánicos que son desechados y por último la disposición final, mediante información básica de un relleno sanitario manual como es el volumen, el área, la generación de lixiviados y de gases, para esto se tomará en cuenta la normativa vigente. Con la información obtenida en el estudio ayudará a la toma de decisiones de la municipalidad y a una posterior implementación de los proyectos, mejorando así las condiciones medio ambientales y la calidad de vida de la población.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer alternativas en las fases de separación en la fuente, tratamiento de residuos orgánicos y disposición final, mediante programas de reciclaje, compostaje e información base para un relleno sanitario que permitan dar solución a los problemas sociales y ambientales del cantón Cevallos.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar el manejo de los residuos sólidos, en las fases de separación en la fuente, tratamiento de residuos orgánicos y disposición final, mediante visitas a campo, encuestas y material bibliográfico; para obtener línea base del manejo de residuos en el cantón Cevallos.
- Identificar los impactos ambientales generados en las fases de generación en la fuente, tratamiento de residuos orgánicos y disposición final que actualmente está realizando la municipalidad, usando la matriz de Leopold, para generar soluciones adecuadas para las condiciones del cantón Cevallos.
- Determinar los residuos sólidos generados para conocer la producción per cápita (PPC), composición y densidad, mediante la información de la municipalidad aplicando un modelo basado en las técnicas de producción per cápita de cada estrato.
- Proponer alternativas para las fases de separación en la fuente, tratamiento de residuos orgánicos y disposición final, mediante reciclaje en la fuente, compostaje e información básica de un relleno sanitario manual; para disminuir la generación de contaminantes y problemas ambientales.

1.3 ALCANCE

El estudio a presentarse se centra en la gestión de residuos sólidos municipales del cantón Cevallos de la provincia de Tungurahua, en las fases de: separación en la fuente, tratamiento de residuos orgánicos y disposición final. Para la realización del proyecto se iniciará con la recopilación y revisión de información bibliográfica, seguida del levantamiento de

información del manejo actual mediante visitas a campo, realización de encuestas e identificación de los impactos ambientales existentes en el cantón. De información proporcionada por la municipalidad se determinará la PPC, composición y densidad.

Con los datos obtenidos se obtendrá la clasificación y cantidad de residuos que son producidos en el cantón, para dar alternativas de un mejor manejo de los residuos tanto reciclables como orgánicos en las fuentes de generación y así se disminuya la cantidad de residuos que se colocan en el botadero. Además, se determinarán los lineamientos base de un relleno sanitario manual debido a que se tiene un lugar para la realización de este proyecto.

1.4 JUSTIFICACIÓN

“La gestión de residuos sólidos sigue siendo un problema significativo para muchas ciudades, debido al crecimiento poblacional sobre todo en zonas urbanas, el aumento de residuos sólidos y la disminución de espacios para la disposición final. Cuando el manejo de estos residuos es inadecuado puede afectar la salud de las personas y el bienestar del ambiente” (Sáez & Urdaneta, 2014; Szanto Narea, 2008). Por estas razones, según Arrieta Balcázar (2017) es importante implementar propuestas que minimicen la cantidad de residuos y los impactos ambientales que estos generan, como es la separación en la fuente, compostaje de residuos orgánicos y un buen sistema de disposición final.

Para la realización del presente estudio, es necesario efectuarlo con eficiencia y orden, de esta manera, se generará soluciones adecuadas en bien del cantón Cevallos (MDG ACHIEVEMENT FUND, n.d.). Por ello se efectuará un diagnóstico en la fase de separación en la fuente, fase de tratamiento de residuos orgánicos y en la fase de disposición final, mediante revisión bibliográfica de informes dispuestos por la municipalidad, encuestas y visitas a campo. Además, se identificará los impactos ambientales que tiene el cantón, con la ayuda de una matriz de Leopold con un bajo costo y la utilización de pocos medios para su aplicación. (HSE-Ecuador, 2019; Mijangas & López, 2013). Se revisarán los problemas que tienen los residuos en los municipios, las afecciones derivadas del mal manejo de residuos en la salud pública y en el ambiente (Jaramillo, 2002).

También se determinará la generación de residuos, mediante el cálculo de la producción per cápita (PPC), a partir del modelo basado en las técnicas de producción per cápita de cada

estrato, también se hará una clasificación de los residuos por su composición y se realizará el reporte de la densidad de los residuos (Mayorga Solis, 2015; Nieto, 2017; Recytrans, 2013a).

Además se establecerán alternativas en la fase de separación en la fuente con un programa de reciclaje, en el cual se determinará la cantidad y el tipo de material que se recuperará cada año, en la fase de tratamiento de residuos orgánicos se desarrollará un programa de compostaje mediante el cálculo de la producción diaria de residuos orgánicos y en la fase de disposición final, se determinará información básica de un relleno sanitario manual como: el volumen del relleno sanitario, área requerida del terreno, la generación de lixiviados mediante el método suizo, generación de gases en base al modelo de LandGEM o EMCOM, cálculo de la celda diaria a través de la determinación de la cantidad de RSM que se debe disponer, la mano de obra y por último los costos del relleno sanitario manual para un tiempo de vida útil de 10 años, la municipalidad tiene un sitio ya establecido para la disposición final (Aguilar Virgen et al., 2011; Guía comunitaria para la salud ambiental, 2011; Ilustre Municipalidad De Loja & Röben, 2002; Salinas et al., 2018; Viteri, 2011). Para finalizar se analizarán los resultados de las diferentes alternativas para dar solución en las fases de: separación en la fuente, tratamiento de residuos orgánicos y disposición final.

Este proyecto, permitirá tener información cuantitativa referente a los residuos que se generan en las distintas fuentes y proponer alternativas que optimicen el manejo actual de los residuos del cantón Cevallos, de esta manera ayudará a la municipalidad ya que dará un beneficio social, debido a que se reducirá la contaminación hacia el ambiente y mejoras en la salud de las personas, Además las propuestas, permitirán que la población esté involucrada en las actividades que se realicen, fomentando la educación y conciencia ambiental.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES (RSM)

Las actividades antrópicas conducen a la producción de residuos. En los últimos años existe un alto consumo de las sociedades, que genera una gran variedad de residuos de distinto tipo, aquí se encuentran los residuos sólidos municipales (RSM) que son aquellos desperdicios generados en los “domicilios, comercios, industrias, instituciones educativas, mercados, barrido y limpieza de vías y áreas públicas”, cuya gestión recae sobre la autoridad municipal (Sedesol, 2005b). En la Figura 1 se muestra las principales fuentes generadoras de residuos sólidos municipales.



Figura 1: Principales generadores de residuos sólidos municipales
Fuente: (Estévez Tejeda, 2015)

2.2 PROBLEMA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES (RSM)

A nivel global la eliminación de la basura ha generado un problema, debido a que los residuos que se generan ocasionan a los gobiernos un gasto social y económico, además de un alto costo ambiental (Céspedes & Rojas, 2011).

“En Ecuador, los residuos sólidos que se producen, causan un problema significativo, debido a que contaminan el suelo, agua y aire, afectando la salud pública. Los factores que aumentan la generación de residuos sólidos son el acelerado crecimiento poblacional en zonas urbanas, el desarrollo industrial, los nuevos patrones de consumo, un aumento en el uso de materiales desechables y el mal manejo de los residuos” (Jaramillo, 2002; Villacis Flores, 2020).

“El mal manejo de los residuos sólidos, trae como consecuencias: severos impactos negativos a la salud, proliferación de pasivos ambientales, alto consumo de materia prima virgen, recicladores que trabajan en condiciones precarias, reducción de la vida útil de lugares de disposición final, contaminación ambiental y deterioro de la calidad de vida de la población” (Villacis Flores, 2020).

2.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS RSM

2.3.1 PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Las actividades que generan residuos sólidos en América Latina y el Caribe se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1:
Actividades generadoras de residuos en América Latina y el Caribe

Actividades generadoras	Componentes	Porcentaje total de RSM (%)
Residencial y domiciliario	Desperdicios de cocina, papeles y cartón, plásticos, metales, textiles, vidrio, residuos de jardín, tierra, etc.	50 a 75
Comercial Oficinas, almacenes, hoteles, mercados, restaurantes, y otros	Papel, cartón, plásticos, madera, residuos de comida, vidrio, metales, residuos especiales y peligrosos.	10 a 20
Institucional Escuelas, colegios, universidades, oficinas públicas, servicios públicos y otros	Semejantes al comercial.	5 a 15
Industria (pequeña industria y artesanía) Manufactura, confecciones de ropa, sastrerías, zapatos, carpinterías, etc.	Residuos de procesos industriales, materiales de chatarra, etc. Incluye residuos de comida, cenizas, demolición y construcción, especiales y peligrosos.	5 a 30
Barrido de vías y áreas públicas	Residuos que arrojan los peatones, tierra, hojas, excrementos, etc.	10 a 20

Fuente: (Jaramillo, 2002)

2.3.2 PRODUCCIÓN PER CÁPITA DE RESIDUOS SÓLIDOS

La PPC se define como un parámetro que va creciendo, mientras cambian los elementos por el cual el PPC está compuesto, combina el tamaño de la población, la cantidad de residuos y el tiempo, este parámetro se expresa en kilogramos sobre habitante por día (kg/hab*día) (Gutiérrez Tito, 2013).

“La variación de la PPC no sólo se da de un país a otro, además de una población a otra, y de un estrato económico a otro en una misma ciudad y dependerá de la cantidad de residuos y la población” (Gutiérrez Tito, 2013).

2.3.3 DENSIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS

La densidad conocida también como peso específico, es una propiedad que tiene la capacidad de medir la cantidad de masa que se encuentra en un volumen de una sustancia determinada, es inversamente proporcional al volumen, esto quiere decir que mientras más reducido sea el volumen que ocupa una masa determinada, mayor será su densidad. Cada material posea una densidad y varía conforme a la fase en la que se encuentre. Las unidades que generalmente se utilizan son kg/m^3 (Pérez, 2021).

2.3.4 COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

La composición de los residuos se determina por patrones de consumo de la población, condiciones socioeconómicas y el tamaño poblacional. “Los RSM se originan por actividades en hogares, centros educativos, oficinas, comercio e industria y están compuestos por residuos orgánicos como son las sobras de comida, hojas, restos de jardín, papel, cartón, madera, en general materiales biodegradables y residuos inorgánicos como es el metal, vidrio, material inerte, objetos de caucho entre otros”. (Ecológico, 2020; Jaramillo, 2002).

2.3.5 CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

“La clasificación de los residuos sólidos puede ser de acuerdo al origen, la composición y la peligrosidad, en la Tabla 2 se presentan con más detalle” (Recytrans, 2013a).

Tabla 2:
Clasificación de los residuos sólidos

Tipos de residuos sólidos		
Según su origen	<ul style="list-style-type: none"> • Domiciliarios • Comerciales • Industriales • Biorresiduos 	<ul style="list-style-type: none"> • Sanitarios • Mineros • Radioactivos • Subproductos animales
Según su composición	<ul style="list-style-type: none"> • Orgánicos: son los que están compuestos de materia vegetal, animales y comestibles, los que son biodegradables y pueden descomponerse. • Inorgánicos: son los que no se descomponen en poco tiempo como por ejemplo latas, botellas, metales entre otros residuos de origen industrial. • Mezclas de residuos: combinación de materiales orgánicos e inorgánicos • Peligrosos: son los residuos orgánicos e inorgánicos que presenten algún tipo de peligrosidad. 	
Según su peligrosidad	<ul style="list-style-type: none"> • Inertes: no presentan transformación física, química o biológica, por ejemplo, los residuos de la construcción. • Peligrosos: Las características de estos residuos suponen un riesgo para el ambiente y los seres vivos, por ejemplo, los disolventes, aceites y envases que han contenido sustancias peligrosas. • No peligrosos: estos no son ni inertes ni peligrosos, por ejemplo, el plástico, papel, cartón, metal. 	

Fuente: (Recytrans, 2013a)

2.3.6 PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Para el diseño de sistemas de gestión integral se debe considerar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los residuos sólidos. (Linares González, 2017).

2.3.6.1 Propiedades físicas

“Entre las propiedades físicas más relevantes se encuentra el peso específico, contenido de humedad, tamaño de partículas, capacidad de campo y porosidad de los residuos compactados” (Linares González, 2017).

- Peso Específico

El peso específico, es el peso de un material por unidad de volumen y sus unidades corresponden a kg/m^3 , permite dimensionar los recipientes que van a ser utilizados antes de la recogida en las viviendas, comercios y vía pública, además de los distintos equipos de recogida, transporte, recepción y el espacio de disposición final (Ríos Hernández, 2009).

El peso específico de los residuos tiene una gran variación dependiendo de:

- La localización en la que se encuentre
- El clima
- La estación del año
- Los componentes
- El tiempo de almacenamiento

(Ríos Hernández, 2009)

- Contenido de humedad

Es el contenido de agua en los residuos sólidos, expresada en porcentaje, es importante en los procesos de producción de lixiviados, transporte, métodos de incineración y recuperación de energía, los factores que influyen son:

- Composición de los residuos
- Estación del año
- Condiciones ambientales de humedad
- Condiciones climáticas

(Ríos Hernández, 2009)

Para determinar el contenido de humedad se puede expresar mediante el porcentaje del peso del material húmedo.

$$M = \frac{w - d}{w} * 100 \quad (2.1)$$

Donde:

- M = Contenido de humedad (%)
- w = Peso inicial de la muestra según se entrega (kg)
- d = Peso de la muestra después de secarse a 105 °C (kg)

(Ríos Hernández, 2009)

- Tamaño de la partícula y distribución del tamaño

El tamaño y distribución del tamaño de la partícula consideran procesos mecánicos y físicos como es el trómel, cribas y separadores magnéticos. Los tamaños de los residuos

van a depender del material y están entre 178 y 203 mm, el cartón suele tener el mayor tamaño y los residuos de comida el menor tamaño, es una guía en el momento de recuperar material (Ríos Hernández, 2009).

- Capacidad de campo

La capacidad de campo se refiere a la humedad total que una muestra de residuos sometida a la acción de la gravedad puede retener, gracias a esto se puede determinar la generación de lixiviados en los vertederos. Además, de la variación del grado de presión que se aplica y el estado de descomposición de los residuos (Ríos Hernández, 2009).

- Permeabilidad

La permeabilidad de los residuos sólidos es importante debido a que determina el movimiento de los gases y líquidos dentro de los vertederos en la compactación (Ríos Hernández, 2009).

2.3.6.2 Propiedades químicas

Esta propiedad permite conocer la capacidad que tienen los residuos para ser recuperados y procesados, de esa manera saber si pueden ser incinerados, hacer compostaje o enviados a vertederos (Simon-Vermot, 2010). Dentro de estas propiedades tiene:

- Análisis físico

Para el análisis físico es necesario realizar los ensayos de:

- Humedad
- Materia volátil
- Carbono fijo
- Ceniza

(Linares González, 2017)

- Punto de fusión de las cenizas

El punto de fusión de las cenizas corresponde a la temperatura a la cual la ceniza de los residuos incinerados se transforma en sólidos debido a la fusión y aglomeración. La

temperatura de fusión para que se forme el sólido oscila entre los 1.100 °C y 1.200 °C (Linares González, 2017).

- Análisis elemental

Para el análisis elemental se determina el porcentaje de Carbono (C), Hidrógeno (H), Oxígeno (O), Nitrógeno (N), Azufre (S) y Ceniza, además se incluye la determinación de halógenos debido a que existen emisiones de compuestos clorados durante la combustión (Linares González, 2017).

Este análisis es utilizado para la caracterización de la composición química de la materia orgánica en los RSM y definir la mezcla exacta de materiales residuales necesaria para conseguir relaciones de C/N aptas para los procesos de conservación biológica (Linares González, 2017). En la Tabla 3 se presenta los datos para los compuestos típicos de los RSM:

Tabla 3:
Datos típicos sobre el análisis elemental de los compuestos combustibles en los RSM domésticos

Componentes	Porcentaje en peso (base seca)					
	Carbono	Hidrógeno	Oxígeno	Nitrógeno	Azufre	Ceniza
Orgánicos						
Residuos de comida	48,0	6,4	37,6	2,6	0,4	5,0
Papel	43,5	6,0	44,0	0,3	0,2	6,0
Cartón	44,0	5,9	44,6	0,3	0,2	5,0
Plásticos	60,0	7,2	22,8	-	-	10,0
Textiles	55,0	6,6	31,2	4,6	0,2	2,5
Goma	78,0	10,0	-	2,0	-	10,0
Cuero	60,0	8,0	11,6	10,0	0,4	10,0
Residuos de jardín	47,8	6,0	38,0	3,4	0,3	4,5
Madera	49,5	6,0	42,7	0,2	0,1	1,5
Inorgánicos						
Vidrio	0,5	0,1	0,4	<0,1	-	98,9
Metales	4,5	0,6	4,3	<0,1	-	90,5
Suciedad, Cenizas	26,3	3,0	2,0	0,5	0,2	68,0

Fuente: (Linares González, 2017; Ríos Hernández, 2009)

- Contenido energético

Corresponde a la capacidad calórica de los componentes, es la recuperación de energía que se pueda obtener con una determinada cantidad de residuos (Linares González, 2017). En la Tabla 4 se presenta los valores típicos del contenido energético de los RSM domésticos.

Tabla 4:
Valores típicos de contenido energético los RSM domésticos

Contenido energético de los RSM domésticos		
Componentes	Energía kcal/ kg	
	Rango	Típico
Orgánicos		
Residuos de comida	833 - 1.667	1.111
Papel	2.778 – 4.444	4.000
Cartón	3.333 – 4.167	3.889
Plásticos	6.667 – 8.889	7.778
Textiles	3.611 – 4.444	4.167
Goma	5.000 – 4.722	5.556
Cuero	3.611 – 4.722	4.167
Residuos de jardín	556 – 4.444	1.556
Madera	4.167 – 4.722	4.444
Inorgánicos		
Vidrio	28 – 56	33
Latas de hojalata	56 – 278	167
Otros metales	56 – 278	167
Suciedad, Cenizas, etc.	556 – 2.778	1.667
Residuos sólidos urbanos	2.222 – 3.333	2.778

Fuente: (Linares González, 2017; Ríos Hernández, 2009)

2.3.6.3 Propiedades biológicas

Dentro de los residuos comprenden a casi todos los componentes que pueden biodegradarse. Además, están dentro de la naturaleza putrefactible, la producción de olores y la aparición de vectores en la materia orgánica de los residuos como es el caso de los restos de comida (Ríos Hernández, 2009).

- Biodegradabilidad de los componentes de residuos orgánicos

La biodegradabilidad es la facultad de descomponer mediante microorganismos de los compuestos. Para la medición se lo puede determinar con el contenido de sólidos volátiles (SV), el cual se lo realiza a una temperatura de 550 °C, este método no es tan preciso debido a que algunos compuestos son demasiado volátiles y con poca biodegradabilidad como es el caso del papel periódico y restos de poda (Linares González, 2017). Otro método es el contenido de lignina que se lo puede determinar mediante la siguiente ecuación:

$$BF = 0,83 - 0,028 * LC \quad (2.2)$$

En donde:

- BF = Fracción biodegradable que esta expresada en base a los sólidos volátiles (SV)
- 0,83 = Constante empírica
- 0,028 = Constantes empírica
- LC = Contenido en lignina de los sólidos volátiles expresados en porcentaje en peso seco

(Linares González, 2017; Ríos Hernández, 2009)

Existe una variación en la velocidad a la que los compuestos pueden ser degradados y pueden clasificarse en descomposición lenta y rápida (Ríos Hernández, 2009).

- Producción de olores

Los olores se generan por la descomposición anaerobia de los compuestos orgánicos que están almacenados in situ durante largos periodos de tiempo, existiendo un aumento de olores en los residuos sólidos en climas cálidos (Linares González, 2017).

- Reproducción de moscas

La reproducción de moscas se aumenta en climas cálidos. Después de poner los huevos el crecimiento de las moscas es rápido menor a dos semanas, si las larvas logran desarrollarse constituyen un problema sanitario significativo debido a que son difíciles de exterminar y rápidas en multiplicarse (Linares González, 2017).

Tabla 5:
Etapas de reproducción de la mosca común

Etapas	Tiempo
Desarrollo de los huevos	8 – 12 horas
Primera etapa del periodo larva	20 horas
Segunda etapa del periodo larva	24 horas
Tercera etapa del periodo larva	3 días
Etapa crisálida	4 – 5 días
Total	9 – 11 días

Fuente: (Linares González, 2017)

2.4 EFECTOS DE LA INADECUADA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

2.4.1 RIESGOS A LA SALUD

Los problemas que se pueden dar por la incorrecta manipulación de los residuos sólidos, son de forma directa e indirecta.

2.4.1.1 Riesgos directos

Los riesgos directos son los que se producen cuando existe un contacto directo con los residuos, los cuales no tiene una separación adecuada, están mezclados entre comunes, peligrosos, biológicos e infecciosos, que puede provocar perjuicio a las personas sobre todo a los del servicio de recolección, que a pesar de tener equipo de protección tienen un riesgo alto de algún efecto a su salud y a los recicladores de basura que tienen un contacto cercano con estos residuos y en condiciones infrahumanas, sin ningún tipo de protección, transformándose en vectores, generadores de problemas de salud entre las personas que ellos conviven (Jaramillo, 2002).

2.4.1.2 Riesgos Indirectos

Los riesgos indirectos son causados por vectores transmisores de enfermedades, estos vectores pueden ser ratas, moscas, mosquitos, cucarachas, cerdos y aves, en la Tabla 6 se presentan los principales vectores, su forma de transmisión y la enfermedad que causan (Jaramillo, 2002).

Tabla 6:
Enfermedades transmitidas por vectores relacionadas con RSM

Vectores	Forma de transmisión	Principales enfermedades
Ratas	Orina, mordisco, pulgas y heces	Peste bubónica, tífus murino, leptospirosis
Moscas	Vía mecánica (alas, patas y cuerpo)	Fiebre tifoidea, salmonelosis, cólera, amibiasis, disentería, giardiasis
Mosquitos	Picadura del mosquito hembra	Malaria, leishmaniasis, fiebre amarilla, dengue, filariasis
Cucarachas	Vía mecánica (alas, patas y cuerpo)	Fiebre tifoidea, heces, cólera, giardiasis
Cerdos	Ingestión de carne contaminada	Cisticercosis, toxoplasmosis, teniasis
Aves	Heces	Toxoplasmosis

Fuente: (Jaramillo, 2002)

2.4.2 EFECTOS EN EL AMBIENTE

Los principales consecuencias ambientales debidas a la incorrecta manipulación de los residuos sólidos, son: el deterioro estético de las ciudades, paisajes naturales, urbanos y rurales. Además de la contaminación del agua, suelo y aire.

2.4.2.1 Contaminación del agua

La contaminación del agua tanto de fuentes superficiales como subterráneas, se da principalmente por la propagación de los residuos a las distintas corrientes de agua, y la descarga de lixiviado. Las fuentes de agua que han sido contaminadas presentan consecuencias a la salud de la población y un costo adicional en la potabilización del agua (García, 2009). Además, con altas descargas de residuos en las corrientes de agua, provoca una disminución en el oxígeno disuelto, aumenta la producción de algas por la cantidad de nutrientes que se generan y por ende la eutrofización del cuerpo de agua, dando lugar a la muerte de especies y la generación de malos olores (Jaramillo, 2002).

2.4.2.2 Contaminación del suelo

La contaminación del suelo puede alterar la biodiversidad, reducir la materia orgánica y la capacidad que tiene el suelo como filtro, además puede contaminar el agua subterránea y la que se encuentra almacenada en el suelo (FAO, 2018).

La contaminación del suelo puede ser de varios tipos, uno de ellos es por la eliminación de residuos, esta se produce cuando existe una aglomeración de residuos en un lugar específico, dando como resultado una contaminación directa luego de la degradación (La Trinchera, 2019).

Entre las consecuencias de la contaminación del suelo están las siguientes:

- Pérdida de la flora y su variedad.
- Dificultades para la agricultura.
- Contaminación y pérdida de la fauna.
- Deterioro del paisaje.
- Empobrecimiento global del ecosistema.

(FAO, 2018)

Entre los efectos adversos que tiene los suelos contaminados están:

- Contaminan el agua subterránea y superficial
- Afectan la salud de las personas
- Presencia de metales pesados como mercurio, arsénico, plomo y cromo.
- Efectos en el crecimiento de las plantas
- Disminuye la fertilidad del suelo
- Cambios en la estructura de la tierra

(FAO, 2018)

2.4.2.3 Contaminación del aire

Los botaderos a cielo abierto, rellenos sanitarios y distintos sistemas de disposición final mal manejados causan muchos problemas en especial al aire debido a que deterioran su calidad, no sólo donde se encuentra ubicado, sino también a sus alrededores, muchas veces la basura es quemada y genera humo afectando a la visibilidad y a la salud de la población, en épocas secas existe mucho polvo a causa del viento y microorganismos que pueden producir infecciones respiratoria e irritaciones en ojos y fosas nasales (Grupo de Investigación de Economía Ecológica, 2016).

En los residuos depositados en los botaderos existe materia orgánica que al ser degradada produce gases conocidos como biogás, que principalmente está compuesto por metano (CH₄)

y dióxido de carbono (CO_2), que son gases de efecto invernadero que está relacionado al cambio climático (Grupo de Investigación de Economía Ecológica, 2016).

2.5 ETAPAS DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

Una adecuada gestión de los residuos sólidos ayuda a reducir la basura que es enviada a los distintos sistemas de disposición final, mejorando la calidad del ambiente y la salud de las personas (Sedesol, 2005a). Las etapas de la gestión integral de residuos sólidos se presentan a continuación:

2.5.1 GENERACIÓN

Los residuos que se producen son una consecuencia de los procesos desarrollados por el hombre, estos pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos y generan efectos negativos a la salud pública y al ambiente (Solíz Torres et al., 2020). Muchos de los residuos son generados en los domicilios, actividades comerciales, industriales, en instituciones educativas y del barrido de las calles. La generación de residuos sería menor si se aplicaran las 3R reducir, reciclar y reutilizar (Sedesol, 2005a).

2.5.2 SEPARACIÓN EN ORIGEN

La separación de los residuos se puede realizar dividiendo los residuos en diferentes contenedores, para que estos puedan ser reciclados, reutilizados o transformados en materia prima (Tello et al., 2018). Para la separación se:

- Debe realizar en el lugar donde estos fueron generados ya sea en las viviendas, comercios, escuelas hospitales entre otros, y deben ser separados de acuerdo a la opción de reciclaje de cada municipio.
- El reciclaje de los residuos debe ser fácil, para clasificarlos deben estar secos y limpios sin restos de comida o cualquier sustancia que impida que sean clasificados. (Recimed, 2017; Sanatorium, 2019)

Para la separación de los residuos en la fuente se debe:

- Clasificar los residuos en: cartón, papel, botellas de plástico, vidrio, latas de aluminio, entre otros materiales de acuerdo a la composición que tengan.

- De acuerdo a la gestión que tenga el municipio los residuos deben ser llevados a centros de acopio.
- Se debe tener presente las 3R: reutilizar o dar nuevo uso a un material, reducir la compra de envases innecesarios y reciclar con el fin de producir materia prima consecuentemente un producto.

(Sanatorium, 2019)

2.5.3 RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE

Los residuos deben ser recolectados y transportados de forma eficiente para mitigar los impactos negativos en la población y el ambiente hasta que lleguen a su disposición final, se debe determinar una ruta y frecuencias adecuadas para las características de la ciudad. Para un adecuado transporte es necesario contar con vehículos apropiados, para asegurar que los residuos estén contenidos correctamente según su tipo y evitar que se rieguen por el camino (Berent & Vedoya, 2006).

2.5.4 TRATAMIENTO

Después de la recolección y el transporte, los residuos deben ser depositados en un lugar adecuado de disposición final, pero antes los residuos deben pasar por varios procesos para aprovechar los materiales. Gracias a los avances tecnológicos existen muchas formas de tratar los residuos y de esa forma disminuir la cantidad de residuos que se generan, aprovechar los materiales, separar los reciclables y disponer correctamente los que ya no se pueda aprovechar, dentro de la tecnología para el tratamiento de residuos se encuentra:

- Tratamientos mecánicos: aquí se encuentra la clasificación en función del interés económico o como paso previo a un proceso posterior, la trituración reduce la granulometría y el volumen de los residuos, los mezcla y homogeniza, por último la compactación reduce los espacios vacíos.
- Tratamientos térmicos: en este tipo de tratamiento se tiene la incineración que es la quema controlada a alta temperatura, en equipos específicamente diseñados y con dispositivos de control ambiental y pirólisis que es la degradación térmica de los residuos en ausencia de oxígeno con una cantidad limitada del mismo temperatura inferior a la de la incineración.

- Tratamientos biológicos, aquí se tienen el tratamiento aeróbico indicado para estabilización y compostaje y el tratamiento anaeróbico que es importante en la producción de metano.

(Rondón Toro et al., 2016)

2.5.5 DISPOSICIÓN FINAL

Uno de los componentes importantes es la disposición final de los residuos, debido a que es la última fase de la gestión de residuos urbanos, si el proceso es inadecuado genera impactos negativos al ambiente, provocando contaminación al suelo, agua y aire y favoreciendo a la proliferación de vectores que causan enfermedades. Existe varios métodos para una disposición final adecuada, entre ellos esta los rellenos sanitarios que es uno de los más conocidos y da una solución técnica, económica y ambiental, utiliza principios de ingeniería para confirmar la basura en un área lo más pequeña posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen (Castillo, Barrios et al., 2014; Rondón Toro et al., 2016).

2.6 ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

2.6.1 SEPARACIÓN EN LA FUENTE

“Esta actividad está basada en clasificar y almacenar los residuos en el origen, para que su posterior manejo sea fácil y los residuos puedan ser aprovechados” (Recimed, 2017). Con la ayuda de alternativas en la fase de separación en la fuente se puede reducir los impactos negativos al ambiente y disminuir la cantidad de residuos que se disponen en los rellenos sanitarios, prolongando la vida útil de los mismos (Rodríguez Grande, 2020).



Figura 2: Separación en la fuente
Fuente: (Delgado, 2019)

Para que la separación en la fuente se convierta en un hábito en los domicilios, comercios, mercados, escuelas, entre otros, hay que separar los residuos en:

- Aprovechables como el papel, cartón, vidrio, plástico, tetrapack y metales que pueden ser reutilizados o reciclados.
- No aprovechables en este grupo se encuentra pañales, toallas higiénicas, papeles con recubrimiento plástico o metálico, envases con residuos de comida.
- Orgánicos estos residuos pueden descomponerse de forma rápida y en la naturaleza, aquí se encuentran los restos de alimentos, vegetales de poda, restos de carpintería y excremento de animales.

(Rodríguez Grande, 2020)

2.6.2 TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS

El tratar los residuos orgánicos genera un beneficio económico y ambiental. Además, incrementa el tiempo de vida útil de los lugares de disposición final además el impacto ambiental es menor (Ecológica, 2020).

Los beneficiarios de los residuos orgánicos son los siguientes:

- Se pueden producir abono y energía por la materia prima que se genera.
- Permite dar nutrientes a suelos para agricultura, reforestación y recuperación de suelos degradados.
- Se disminuyen los lixiviados y gases de efecto invernadero, propagación de malos olores y contaminación del agua por la degradación de la materia orgánica.

(Ecológico, 2020)

Las opciones para el tratamiento de residuos orgánicos son:

Compostaje:

El compostaje ayuda a que los residuos orgánicos regresen al ambiente y favorece a los cultivos y plantas en general. Entre los beneficios que tiene el compost están que mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Román et al., 2013).



Figura 3: Compostaje de residuos orgánicos

Fuente: (Tortosa, 2015)

Para la realización de compost es debe conocer el tiempo del proceso, el espacio que requiere, condiciones climáticas y material a usar, entre las tácticas de compostaje se tiene:

- En pilas o sistemas abiertos
 - En recipientes o sistemas cerrados
- (Román et al., 2013)

Biometanización:

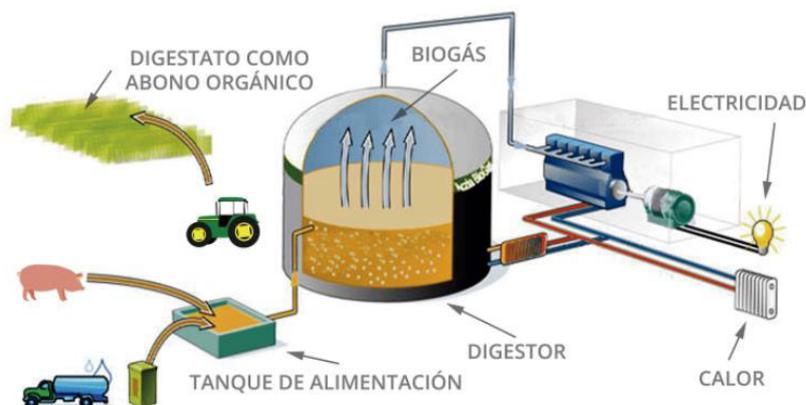


Figura 4: Planta de Biometanización

Fuente: (Grupo Sanchiz, 2016)

Es llamada también digestión anaerobia, es la transformación de materia orgánica sin presencia de oxígeno por la ayuda de microorganismos, generando gas combustible y digester obteniendo fuentes de energía más limpia y renovable (Rodrigo et al., 2014). Esta alternativa ayuda a la generación de electricidad y calor gracias al contenido de metano que tiene, disminuye la cantidad de sólidos volátiles que hay, existe un mejor control de olores y puede tratar una carga orgánica alta. Los problemas que ocasiona esta técnica es que tiene un alto costo inicial, alto tiempo para obtener los resultados, los microorganismos que se utilizan son muy sensibles a los cambios bruscos, debido al gas inflamable que se genera existen problemas de seguridad (Hernández Romero, 2016).

2.6.3 DISPOSICIÓN FINAL

Los rellenos sanitarios son la alternativa que se usa con más frecuencia en la disposición final de los residuos, debido a que minimizan la contaminación del ambiente además de otros impactos negativos (Jaramillo, 2002).

2.6.3.1 Relleno sanitario

Esta técnica minimiza las afecciones a la salud de las personas y al ambiente ya sea en su operación o al finalizar la vida útil del mismo, siempre y cuando se la construya con todas las normas de seguridad, está basada en el confinamiento de la basura cubierta por capas de tierra y compactada para reducir el volumen. Para esta alternativa principalmente se debe escoger el lugar apropiado, el diseño y la adecuada operación y control (Jaramillo, 2002).

2.6.3.2 Tipos de rellenos sanitarios

Los rellenos sanitarios dependen de las características del sitio en el cual se va a construir y de los residuos que se van a disponer, además del aspecto económico, por eso se tiene los siguientes tipos:

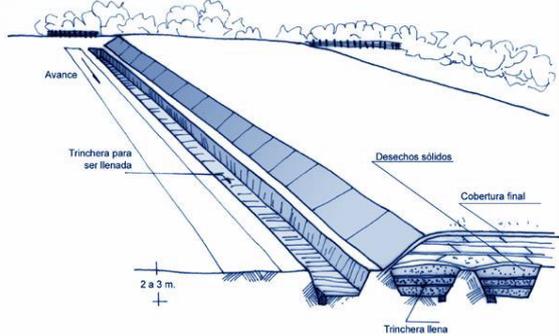
- **Mecanizados:** Están diseñados para ciudades de gran extensión y población en las cuales se genera más de 40 ton/día de residuos. En este tipo de relleno se utiliza “una máquina compactadora, equipo para el movimiento de la tierra, tractor de oruga, retroexcavadora”, entre otras máquinas.
- **Semimecanizados:** Este tipo de relleno es construido cuando la cantidad de residuos a disponer está entre 16 ton/día y 40 ton/día, se utiliza maquinaria pesada para ayudar en el trabajo manual.

- **Manuales:** Este diseño se realiza en pequeñas ciudades, con una producción menor a 15 ton/día de residuos, los costos de operación y mantenimiento son bajos. La compactación y confinamiento es realizada por trabajadores y algunas herramientas. (Jaramillo, 2002)

2.6.3.3 Métodos para la construcción de un relleno sanitario

El método para la construcción de un relleno sanitario se determina principalmente por la topografía del terreno, también depende del tipo de suelo y de la profundidad del nivel freático. En la Tabla 7 se presenta los métodos para la construcción de un relleno sanitario (Jaramillo, 2002).

Tabla 7:
Métodos para la construcción de un relleno sanitario

Método	Características	Gráfica
<p>Trinchera o zanja</p>	<p>Adecuado para regiones planas, donde se excava zanjas de forma periódica de dos o tres metros de profundidad. En épocas de lluvia se debe tener cuidado debido a que las zanjas se pueden inundar.</p>	
<p>Método de área</p>	<p>Para áreas planas, se lo realiza cuando no se puede hacer excavaciones de trincheras o zanjas. La descarga se realiza desde la parte inferior hacia la superior.</p>	
<p>Combinación de los métodos</p>	<p>Son excelentes para aprovechar el material de cobertura y el terreno y se obtienen mejores resultados.</p>	

Fuente: (Jaramillo, 2002)

CAPÍTULO 3

NORMATIVA VIGENTE

MARCO LEGAL PARA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

En la Tabla 8 se presenta el Marco Legal para la Gestión de los Residuos Sólidos en Ecuador.

Tabla 8:
Normativa Vigente

Normativa Vigente
Constitución de la República del Ecuador
<p>“Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir”.</p> <p>“Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados”.</p> <p>“Art. 66.- Se reconoce y garantizará a las personas: Núm. 27, El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza”.</p> <p>“Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos”.</p> <p>“Art. 73.- El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales”.</p> <p>“Art. 74.- Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir”.</p> <p>“Los servicios ambientales no serán susceptibles de apropiación; su producción, prestación, uso y aprovechamiento serán regulados por el Estado”.</p> <p>“Art. 83.- Es deber y responsabilidad de las ecuatorianas y ecuatorianos, sin perjuicio de otros previstos en la Constitución y la ley: Núm. 6, Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible”.</p>

“Art. 264.- Las competencias de los GAD. Núm. 4, Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley”.

“Art. 276.- Objetivo del régimen de desarrollo: Núm. 4: Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural”.

“Art. 389.- El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad”.

“Art. 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales”:

“1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras”.

“2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional”.

“3. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales”.

“4. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se dijeren en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza”.

Código Orgánico de organización Territorial Autonomía y descentralización (COOTAD)

“Art. 4.- Fines de los gobiernos autónomos descentralizados. - Dentro de sus respectivas circunscripciones territoriales son fines de los gobiernos autónomos descentralizados”:

“d) La recuperación y conservación de la naturaleza y el mantenimiento de medio ambiente sostenible y sustentable”.

“Art. 54.- Funciones. - Son funciones del gobierno autónomo descentralizado municipal las siguientes”:

“k) Regular, prevenir y controlar la contaminación ambiental en el territorio cantonal de manera articulada con las políticas ambientales nacionales”;

“Art. 55.- Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado municipal. - Los gobiernos autónomos descentralizados municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley”;

“Art. 136.- Ejercicio de las competencias de gestión ambiental.- De acuerdo con lo dispuesto en la Constitución, el ejercicio de la tutela estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación, se articulará a través de un sistema nacional descentralizado de gestión ambiental, que tendrá a su cargo la defensoría del ambiente y la naturaleza a través de la gestión concurrente y subsidiaria de las competencias de este sector, con sujeción a las políticas, regulaciones técnicas y control de la autoridad ambiental nacional, de conformidad con lo dispuesto en la ley”.

“Art. 137.- Ejercicio de las competencias de prestación de servicios públicos. párrafo 4.- Las competencias de prestación de servicios públicos de alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, y actividades de saneamiento ambiental, en todas sus fases, las ejecutarán los gobiernos autónomos descentralizados municipales con sus respectivas normativas. Cuando estos servicios se presten en las parroquias rurales se deberá coordinar con los gobiernos autónomos descentralizados parroquiales rurales”.

“Art. 431.- De la gestión integral del manejo ambiental. - Los gobiernos autónomos descentralizados de manera concurrente establecerán las normas para la gestión integral del ambiente y de los desechos contaminantes que comprende la prevención, control y sanción de actividades que afecten al mismo”.

“Si se produjeran actividades contaminantes por parte de actores públicos o privados, el gobierno autónomo descentralizado impondrá los correctivos y sanciones a los infractores sin perjuicio de la responsabilidad civil y penal a que hubiere lugar y pondrán en conocimiento de la autoridad competente el particular, a fin de exigir el derecho de la naturaleza contemplado en la Constitución”.

Código Orgánico Ambiental

“Art. 27.- Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales en materia ambiental”.

“Núm. 6: Elaborar planes, programas y proyectos para los sistemas de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos o desechos sólidos”.

“Núm. 7: Generar normas y procedimientos para la gestión integral de los residuos y desechos para prevenirlos, aprovecharlos o eliminarlos, según corresponda”.

“Art. 225.- Políticas generales de la gestión integral de los residuos y desechos. Serán de obligatorio cumplimiento, tanto para las instituciones del Estado, en sus distintos niveles y formas de gobierno, regímenes especiales, así como para las personas naturales o jurídicas, las siguientes políticas generales”:

“Núm. 1: El manejo integral de residuos y desechos, considerando prioritariamente la eliminación o disposición final más próxima a la fuente”.

“Núm. 4: El fortalecimiento de la educación y cultura ambiental, la participación ciudadana y una mayor conciencia en relación con el manejo de los residuos y desechos”.

“Núm. 5: El fomento al desarrollo del aprovechamiento y valorización de los residuos y desechos, considerándolos un bien económico con finalidad social, mediante el establecimiento de herramientas y mecanismos de aplicación”.

“Núm. 6: El fomento de la investigación, desarrollo y uso de las mejores tecnologías disponibles que minimicen los impactos al ambiente y la salud humana”.

“Núm. 7: El estímulo a la aplicación de buenas prácticas ambientales, de acuerdo con los avances de la ciencia y la tecnología, en todas las fases de la gestión integral de los residuos o desechos”.

“Núm. 9: El fomento al establecimiento de estándares para el manejo de residuos y desechos en la generación, almacenamiento temporal, recolección, transporte, aprovechamiento, tratamiento y disposición final”.

“Núm. 10: La sistematización y difusión del conocimiento e información relacionados con los residuos y desechos entre todos los sectores”.

“Art. 226.- Principio de jerarquización. La gestión de residuos y desechos deberá cumplir con la siguiente jerarquización en orden de prioridad”:

1. “Prevención”;
2. “Minimización de la generación en la fuente”;
3. “Aprovechamiento o valorización”
4. “Eliminación”; y
5. “Disposición final”.

“Art 228.- De la política para la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos. La gestión de los residuos sólidos no peligrosos, en todos los niveles y formas de gobierno, estará alineada a la política nacional dictada por la Autoridad Ambiental Nacional y demás instrumentos técnicos y de gestión que se definan para el efecto”.

“Art 229.- Alcance y fases de la gestión. La gestión apropiada de estos residuos contribuirá a la prevención de los impactos y daños ambientales, así como a la prevención de los riesgos a la salud humana asociados a cada una de las fases. Las fases de la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos serán determinadas por la Autoridad Ambiental Nacional”.

“Art 230.- De la infraestructura. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales o Metropolitanos proveerán de la infraestructura técnica de acuerdo a la implementación de modelos de gestión integral de residuos sólidos no peligrosos, de conformidad con los lineamientos y normas técnicas que se dicten para el efecto”.

“Art. 231.- Obligaciones y responsabilidades. Núm. 2, Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales o Metropolitanos serán los responsables del manejo integral de residuos sólidos no peligrosos y desechos sanitarios generados en el área de su jurisdicción, por lo tanto, están obligados a fomentar en los generadores alternativas de gestión, de acuerdo al principio de jerarquización, así como la investigación y desarrollo de tecnologías. Estos deberán establecer los procedimientos adecuados para barrido, recolección y transporte, almacenamiento temporal de ser el caso, acopio y transferencia, con enfoques de inclusión económica y social de sectores vulnerables. Deberán dar tratamiento y correcta disposición final de los desechos que no pueden ingresar nuevamente en un ciclo de vida productivo, implementando los mecanismos que permitan la trazabilidad de los mismos. Para lo cual, podrán conformar mancomunidades y consorcios para ejercer esta responsabilidad de conformidad con la ley. Asimismo, serán responsables por el desempeño de las personas contratadas por ellos, para efectuar la gestión de residuos y desechos sólidos no peligrosos y sanitarios, en cualquiera de sus fases”.

“Art 232.- Del reciclaje inclusivo. La Autoridad Ambiental Nacional o los Gobiernos Autónomos Descentralizados, según su competencia, promoverán la formalización, asociación, fortalecimiento y capacitación de los recicladores a nivel nacional y local, cuya participación se enmarca en la gestión integral de residuos como una estrategia para el desarrollo social, técnico y económico. Se apoyará la asociación de los recicladores como negocios inclusivos, especialmente de los grupos de la economía popular y solidaria”.

Competencias de Gestión Ambiental de Gobiernos Descentralizados

“Art 6.- Regulación nacional. - En el marco de la competencia de gestión ambiental, corresponde al gobierno central, a través de la entidad rectora del sector, las siguientes actividades de regulación de ámbito nacional”:

Núm. 3: “Elaborar normas y reglamentos para regular las descargas hacia la atmósfera o hacia cualquier cuerpo receptor”.

Núm. 4: “Elaborar normativa técnica para la gestión integral de desechos sólidos”.

“Art 7.- Control nacional. - En el marco de la competencia de gestión ambiental corresponde al gobierno central, a través de la entidad rectora del sector, las siguientes actividades de control de ámbito nacional”:

Núm.9: “Verificar el cumplimiento de las normas de calidad ambiental referentes al aire, agua, suelo, ruido, desechos y agentes contaminantes, en coordinación con los organismos competentes”.

“Art 17.- Regulación local. - En el marco de la competencia de gestión ambiental, corresponde a los gobiernos autónomos descentralizados metropolitanos y municipales, enmarcados en la normativa ambiental nacional, las siguientes actividades de regulación de incidencia metropolitana o municipal”:

Núm. 2: “Elaborar normas y reglamentos para regular las descargas a la atmósfera o hacia cualquier cuerpo receptor, una vez que el gobierno autónomo descentralizado metropolitano o municipal cumpla con los parámetros mínimos establecidos por la autoridad nacional ambiental”.

Núm.3: “Elaborar normas y reglamentos para los sistemas de recolección, transporte y disposición final de desechos sólidos en el medio urbano y rural”.

Ordenanza de Conservación del Medio Ambiente del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Cevallos

“Art. 2.- DEL OBJETO. – Toda persona domiciliada o de tránsito en el Cantón Cevallos, tiene la responsabilidad y obligación de conservar limpios los espacios y vías públicas”.

“También es responsabilidad municipal la limpieza de calles, paseos, paisajes, plazas, aceras, caminos, parques, jardines, puentes, pasos peatonales, quebradas, ríos, zonas verdes, y demás espacios públicos de la circunscripción territorial del Cantón Cevallos”.

“Art.3.- DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS. – Los residuos sólidos que sean depositados en la vía pública o en los sitios de recolección designados por las autoridades respectivas serán de propiedad del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Cevallos”.

“Art. 4.- DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS. – El Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Cevallos, establecerá políticas que promuevan la gestión integral de los residuos sólidos, es decir la reducción, reutilización y reciclaje de dichos residuos en domicilios, comercios e industrias, y su recolección y transporte. Esta gestión integral será operada y promovida por el Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Cevallos o por las empresas propias o contratadas para el servicio de aseo, a fin de permitir mejorar la calidad de vida de los habitantes del Cantón Cevallos”.

Fuente: (Competencias de Gestión Ambiental de Gobiernos Descentralizados, 2015; Código Orgánico de Organización Territorial, 2010; Constitución de La República Del Ecuador, 2008; Código Orgánico Ambiental (COA), 2017; GAD Municipal de Cevallos, 2011)

Elaborado por: Pazmiño, 2021

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

4.1 INFORMACIÓN BÁSICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

Para la obtención de información básica del área a estudiarse, se realizó revisión de documentación la cual se evaluó y sintetizó adecuadamente. Se utilizó el PDOT del año 2016 del cantón Cevallos (GAD Municipal de Cevallos, 2016).

4.1.1 DATOS DEL CANTÓN CEVALLOS

“Antiguamente el cantón Cevallos era llamado Capote Bajo, el 29 de abril de 1892 se crea la parroquia de Cevallos perteneciente al cantón Ambato, posteriormente, el 13 de mayo de 1.986 fue cantonizada” (GAD Municipal de Cevallos, 2016).

4.1.2 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

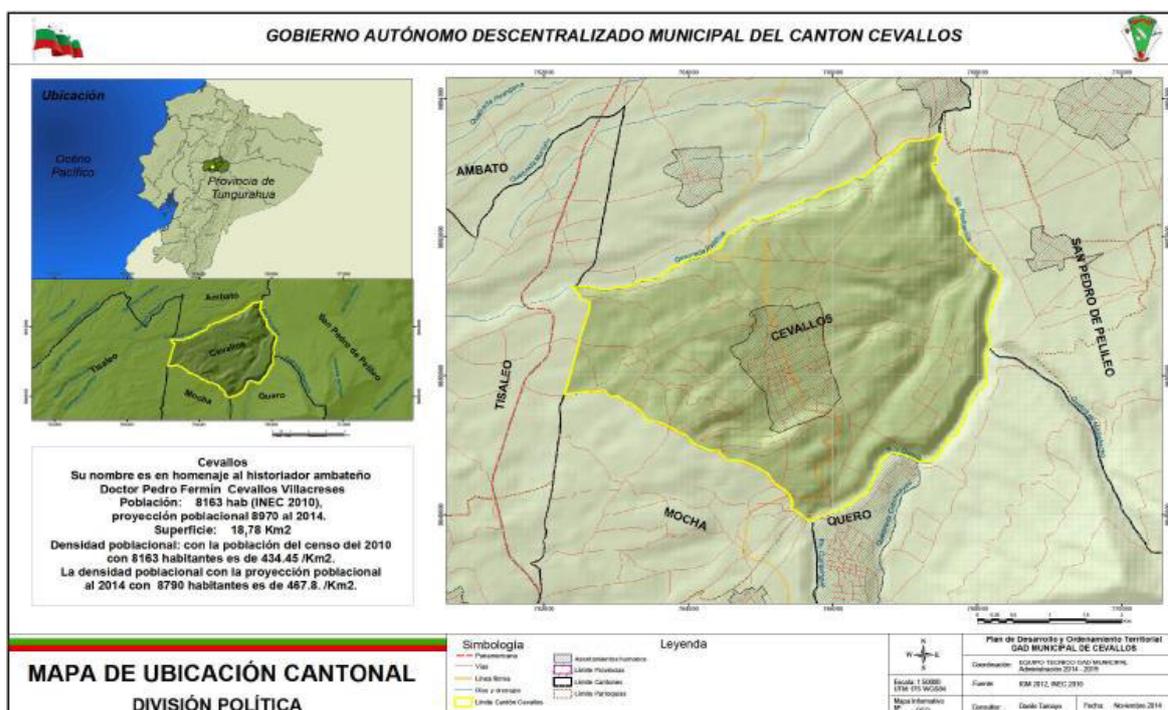


Figura 5: Mapa de Ubicación Cantonal
Fuente: (GAD Municipal de Cevallos, 2016)

“El cantón Cevallos está localizado en el sector centro-sur de la provincia de Tungurahua a 14 km al sur-orient de Ambato, está limitada por: Ambato al norte, Mocha y Quero al sur, Pelileo al este y Tisaleo y Mocha al oeste” (GAD Municipal de Cevallos, 2016).

4.1.3 MEDIO BIOFÍSICO

4.1.3.1 Clima

En el cantón Cevallos se encuentran diversas variables en el comportamiento atmosférico, el clima que predomina es el Ecuatorial Mesotérmico seco, la pluviometría media anual se encuentra entre 500 y 750 mm, la media promedio de temperatura varía entre los 12 a 20 °C, con una temperatura menor en los meses de mayo y agosto y una acción solar fuerte en octubre y noviembre (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2014).

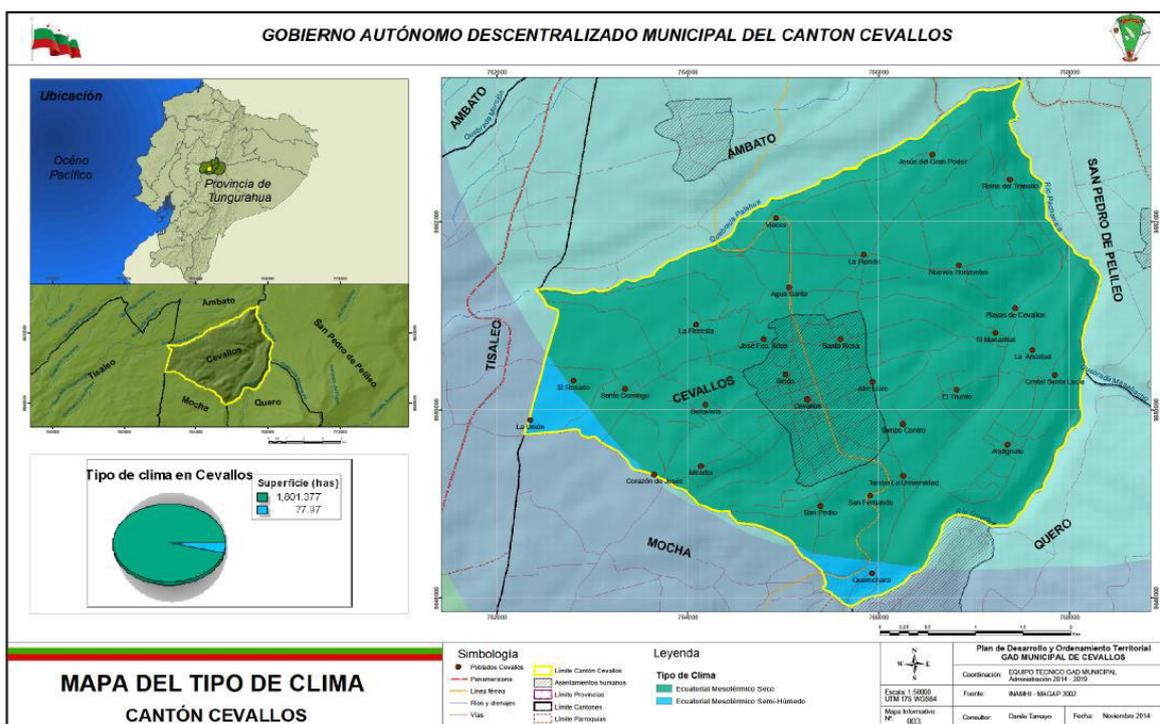


Figura 6: Mapa del Tipo de Clima
Fuente: (GAD Municipal de Cevallos, 2016)

4.1.3.2 Geología

“El cantón presenta la formación geológica Volcánicos Cotopaxi por su composición andesítica, pómez” (GAD Municipal de Cevallos, 2016).

- Tipo de suelo

Tabla 9:
Tipo de suelo

Orden	Superficie Ha	Porcentaje %
Entisol	58,0	3,09
Entisol + Inceptisol	1.250,82	66,56
Inceptisol	4,64	0,25
Mollisol	565,89	30,11
Total	1.879,35	100

Fuente: (GAD Municipal de Cevallos, 2016)

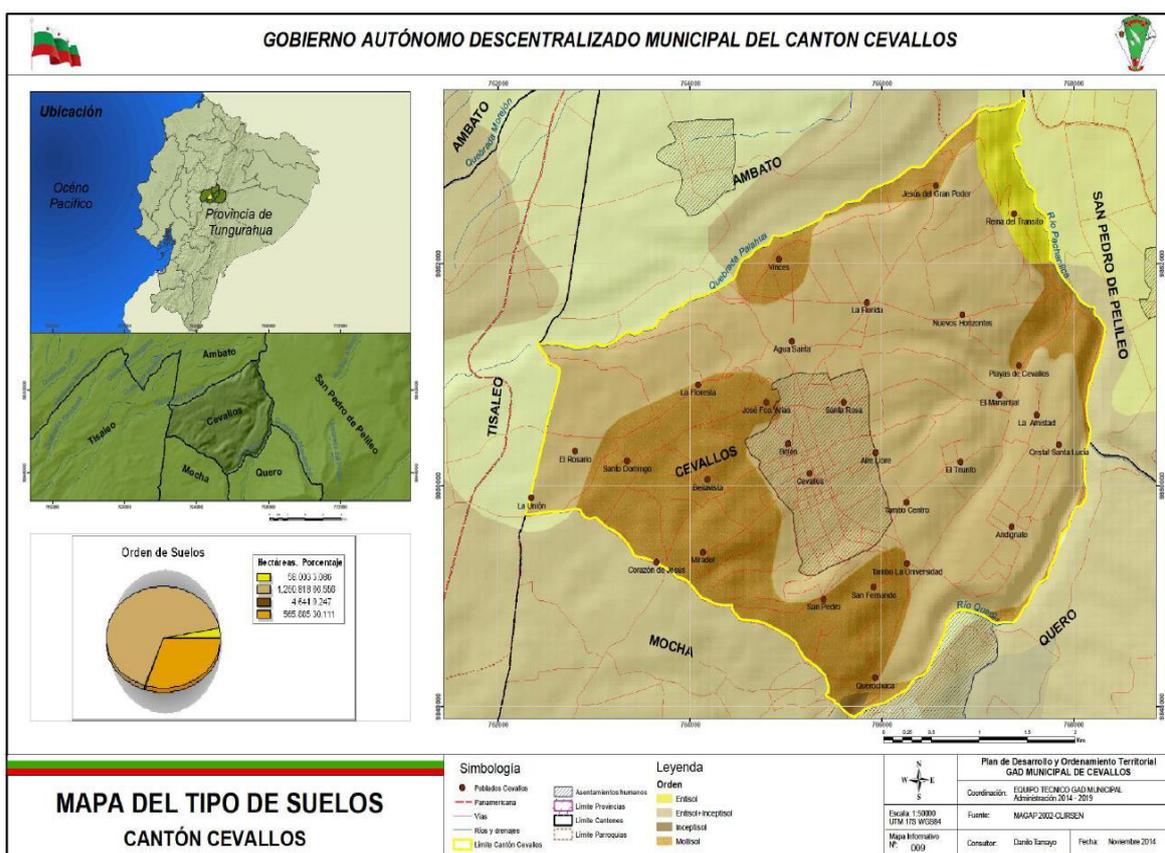


Figura 7: Mapa del Tipo de Suelo
Fuente: (GAD Municipal de Cevallos, 2016)

- Uso actual del suelo

Tabla 10:
Uso actual del suelo

Uso del suelo	Superficie Ha	Porcentaje %
Agropecuario	1.660,50	88,36
Forestal	40,85	2,17
Urbano	178	9,47
Total	1.879,35	100

Fuente: (GAD Municipal de Cevallos, 2016)

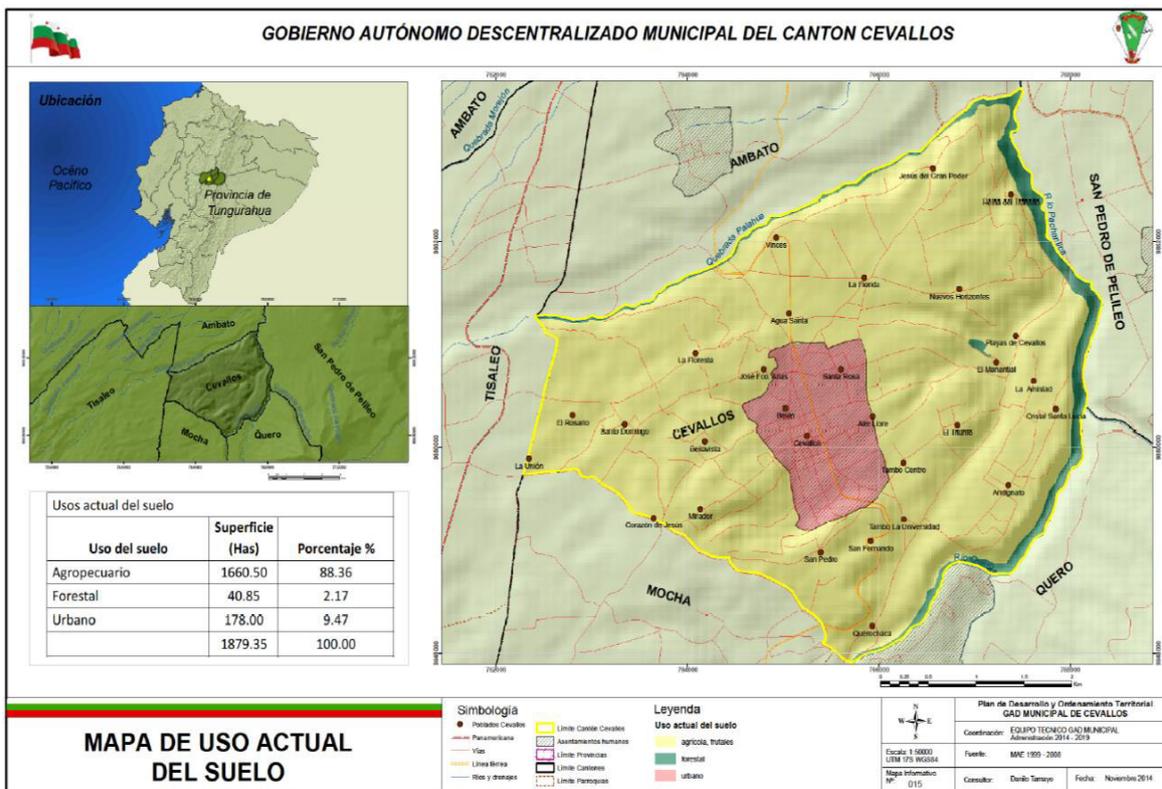


Figura 8: Mapa de Uso Actual del Suelo
Fuente: (GAD Municipal de Cevallos, 2016)

4.1.4 MEDIO BIÓTICO

4.1.4.1 Ecosistemas y Paisajes

Las zonas de vida con formaciones vegetales en las que el cantón se encuentra son: Montano alto y Montano.

Tabla 11:
Ecosistemas o zonas de vida

Descripción del paisaje	Ecosistema	Superficie Ha	Porcentaje %
Matorral Seco Montano de los Andes del Norte y Centro	Montano	1.658,08	88,23
Bosque Siempre-Verde Montano Alto de los Andes Orientales	Montano alto	221,35	11,77
Total		1.879,35	100

Fuente: (GAD Municipal de Cevallos, 2016)
Elaborado por: Pazmiño, 2021

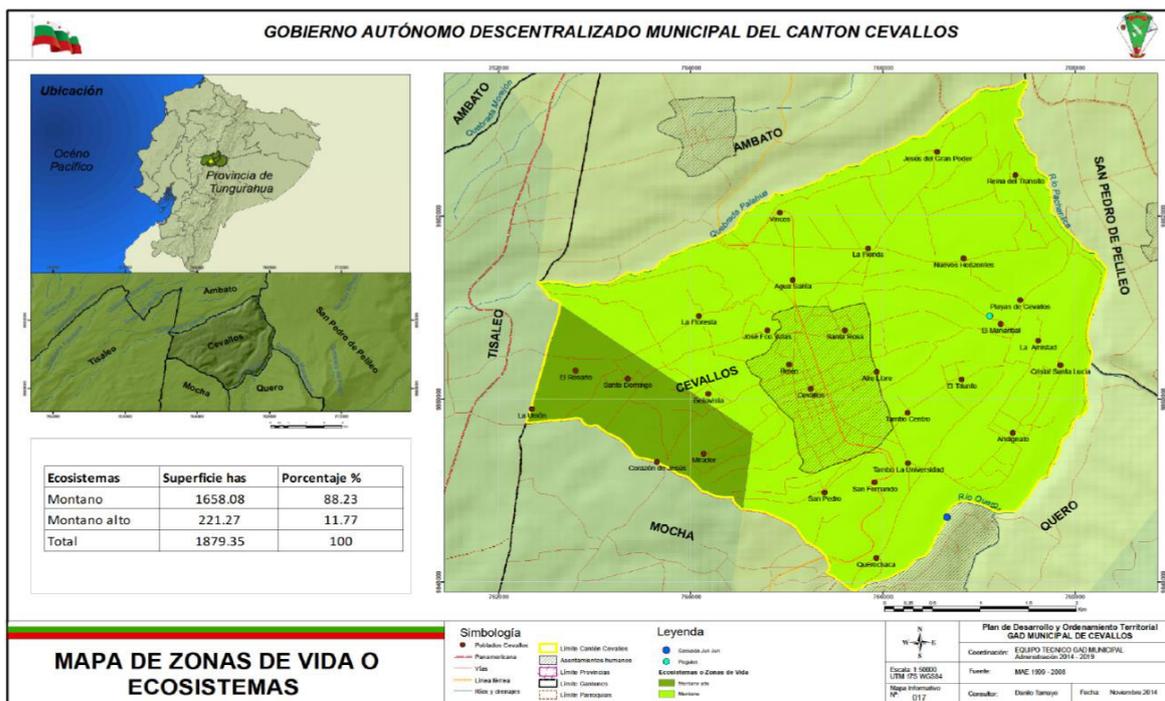


Figura 9: Mapa de Zonas de Vida o Ecosistemas

Fuente: (GAD Municipal de Cevallos, 2016)

4.1.4.2 Flora del cantón Cevallos

“Por el clima templado del cantón Cevallos, posee una diversidad de cultivos pertenecientes al ciclo corto como en el caso de la papa, maíz, arveja y frijol, también de árboles frutales como es el tomate de árbol, pera, durazno, claudia, manzana, capulí, limón y aguacate. Además de bosques de eucalipto y pino y algunas especies de: sigse, cabuya negra, alfalfa, hierba mora y paja. También se tiene flora silvestre como: flor huicundo y flor allpatauri, que son especies polinizadas generalmente por colibríes e insectos” (GAD Municipal de Cevallos, 2016).

4.1.4.3 Fauna del cantón Cevallos

La vida silvestre en el cantón es mínima, se puede encontrar aves como es el mirlo, tórtolas y los colibríes, también se tiene reptiles, los más comunes son las lagartijas y las ranas o sapos, existen mamíferos comunes como es el caso de los conejos y ratones. Entre los insectos están las hormigas, arañas, moscas, saltamontes, y libélulas (GAD Municipal de Cevallos, 2016).

4.1.5.2 Principales actividades ocupacionales y económicas

Las principales actividades de carácter económico que realiza la PEA en el cantón Cevallos son: “industrias manufactureras”, “agricultura”, “comercio al por mayor y menor”, “el transporte y almacenamiento”, las actividades económicas del cantón Cevallos se muestran en la Tabla 15.

Tabla 13:
PEA según rama de actividades en el cantón Cevallos

Rama de actividad (primer nivel)	Hombre	Mujer	Total PEA	Porcentaje %
Industria manufacturera	632	381	1.013	26,80
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	616	378	994	26,3
Comercio al por mayor y menor	239	213	452	12
Transporte y almacenamiento	409	5	414	11
No declarado	74	69	143	3,8
Construcción	101	2	103	2,7
Administración pública y defensa	64	33	97	2,6
Otras actividades de servicios	30	65	95	2,5
Actividades de alojamiento y servicio de comida	20	71	91	2,4
Enseñanza	46	43	89	2,4
Actividades de los hogares como empleadores	4	76	80	2,1
Trabajador nuevo	34	22	56	1,5
Actividad profesionales, científicas y técnicas	29	17	46	1,2
Actividades de la atención a la salud humana	29	17	46	1,2
Información y comunicación	10	13	23	0,6
Actividad de servicios administrativos y de apoyo	15	2	17	0,5
Actividades financieras y de seguros	3	8	11	0,3
Distribución de agua, alcantarillado y gestión de desechos	6	1	7	0,2
Explotación de minas y canteras	3	0	3	0,1
Artes, entretenimiento y recreación	3	0	3	0,1
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	2	0	2	0,1
Actividades inmobiliarias	1	0	1	0
Total	2.349	1.427	3.776	100

Fuente: (GAD Municipal de Cevallos, 2016)

4.1.6 COMPONENTE SOCIAL – CULTURAL

4.1.6.1 Población en Cevallos

En el cantón Cevallos según el censo del 2010 habitan 8.163 personas, de las cuales 2.693 hab se encuentran en la zona urbana y 5.470 hab en la zona rural, el 50,66 % del total corresponde a mujeres y el 49,34 % son hombres. El cantón cuenta con una superficie de 18,79 km² con una densidad poblacional de 43,66 hab/km²”, valor que representa la tasa más alta de la provincia de Tungurahua. La tasa de crecimiento anual del cantón corresponde al 1,5 %. Además, la población joven e infantil que se encuentra entre los 5 a 25 años es alta y la población de tercera edad representa el 11 % (GAD Municipal de Cevallos, 2016).

4.1.6.2 Educación en el cantón Cevallos

Cevallos posee una tasa de analfabetismo promedio de 4,18 %, con 3,31 % en el área urbana y 4,58 % en la rural. Además, las mujeres mayores a 15 años pertenecientes al área rural tienen niveles mayores de analfabetismo (GAD Municipal de Cevallos, 2016).

Tabla 14:
Analfabetismo en la población de 15 años y más

Indicador	Total %	Urbano %	Rural %
Tasa de analfabetismo	4,18	3,31	4,58
Tasa de analfabetismo de la población masculina	2,86	2,41	3,06
Tasa de analfabetismo de la población femenina	5,43	4,16	6,02

Fuente: (GAD Municipal de Cevallos, 2016)

4.1.6.3 Salud

“El cantón cuenta con un Subcentro de Salud tipo B, los servicios que proporciona son: medicina familia, general en consulta externa, calificación de discapacidades vacunatorio, odontología, salud mental, laboratorio, terapia física, terapia del lenguaje, terapia ocupacional y estimulación temprana” (GAD Municipal de Cevallos, 2016).

4.1.7 GENERACIÓN DE RSM

El cantón carece de un sistema idóneo de separación en la fuente, los residuos son mezclados y depositados en recipientes para su recolección. Existe un carro recolector con un chofer y dos operarios para la recolección de la basura, y dos personas para el barrido (GAD Municipal de Cevallos, 2016).

“La disposición final de los residuos sólidos del cantón es realizada en un botadero a cielo abierto que se encuentra ubicado en Playas, que de acuerdo a la población emana malos olores y genera impactos ambientales directos, mediante CO_2 de la materia orgánica en descomposición y por el humo despedido de la quema de los residuos sólidos. Los agricultores aledaños se quejan debido a que no existe una planta de lixiviados, constituyendo así un foco de contaminación directo a las aguas subterráneas y al suelo de sus alrededores” (GAD Municipal de Cevallos, 2016).



Figura 11: Botadero a cielo abierto del cantón Cevallos
Fuente: (GAD Municipal de Cevallos, 2016)

4.2 MANEJO ACTUAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Con el objetivo de identificar el manejo de los residuos sólidos del cantón Cevallos en las fases de separación de la fuente, tratamiento de residuos orgánicos y disposición final, se llevó a cabo visitas al área para identificar las fuentes generadoras, en conjunto se utilizaron encuestas para analizar las condiciones del sector.

4.2.1 VISITA DE CAMPO

Las visitas a campo consistieron en recorridos por la zona urbana y rural del cantón Cevallos, en total fueron cuatro visitas los días 7 de septiembre, 27 de septiembre, 25 de octubre y 26 de octubre del año 2021, se utilizó las inspecciones in situ, identificando las principales fuentes de generación, la existencia o inexistencia de un tratamiento a los residuos orgánicos, la disposición final y los impactos ambientales que tiene en el cantón.

4.2.1.1 Identificación de las fuentes de generación, tratamiento de residuos orgánicos y disposición final

Fuentes de generación

Dentro de las fuentes de generación identificadas en las visitas a campo al cantón Cevallos se encuentran seis fuentes, las cuales son: el sector domiciliario, comercial, industrial, mercados, educativo, subcentro de salud y el barrido de calles.

- **Sector Domiciliar**

En referencia al sector domiciliario, el recorrido consistió en: visitar de manera aleatoria viviendas de la zona urbana y rural para identificar la disposición de los residuos sólidos, el tipo de recipiente que se utiliza para el almacenamiento temporal antes de ser entregados al recolector, también se llevó a cabo recorridos en el recolector para observar el proceso de entrega y recogida de los residuos en la parte céntrica y en los barrios urbanos y rurales.

- **Sector Comercial**

El sector comercial se encuentra ubicado en la parte céntrica del cantón, por tal motivo se procedió a recorrer locales comerciales como son: tiendas, panaderías, locales de calzado, ferreterías, entre otros. En ellos, se identificó algunos aspectos como es la separación de los residuos, en donde se observó que muchos separan principalmente el cartón y los plásticos de los productos para la venta, además de los recipientes que usan para almacenar temporalmente los residuos.

- **Sector Industrial**

El sector industrial se ubica en el barrio Gonzales Suarez cerca del parque de la Madre y del coliseo de deportes del cantón, en este se observan fábricas de calzado, elaboración de chocolate, mermelada y vinos. En las fábricas de calzado se generan restos de cuero, esponja, hilo, cierres, pegamento entre otros, en las demás fábricas se generan residuos orgánicos.

- **Mercado**

En el cantón Cevallos existe un mercado principal denominado “centro de acopio y comercialización de Cevallos” en el cual se expende principalmente legumbres, frutas y

puestos de comida, además de productos para el hogar, otro mercado existente es el de especies menores en el cual se dedican a la venta de animales como cuyes, conejos y pollos, además, de papas y otros tubérculos, por último, existe el mercado de forraje en el cual se vende principalmente hoja para alimento de animales estos son realizados los días jueves. Aquí se identificó como separan los residuos en cada puesto y los recipientes que utiliza, para almacenar temporalmente los residuos.

- **Unidades Educativas**

Dentro de las unidades educativas se realizó una visita a campo a los 3 establecimientos que existen, los cuales por motivos de la pandemia se encuentran cerrados, y solo está el encargado de la limpieza el cual hace mantenimiento a las instalaciones, aquí se identificó solamente los tipos de recipientes que almacenan los residuos.

- **Subcentros de Salud**

En el área de salud, existe un subcentro de Salud tipo B quien presta servicios de medicina general, odontología, obstetricia, psicología, nutrición familiar y comunitaria con una atención de 12 horas, se efectuaron visitas para saber cómo separan y disponerlos residuos asimilables domésticos y los peligrosos, además se observó el tipo de recipiente que utilizaban para el almacenamiento temporal de estos residuos.

- **Barrido de calles**

Para esta actividad existen dos personas a la semana que realizan el barrido de las calles principales de la parte céntrica del cantón, los trabajadores se van rotando cada semana y los horarios son de 7h00 a 10h00 de la mañana. Cabe recalcar que el barrido solo se realiza en las calles principales y transversales pertenecientes a la zona centro de la ciudad que cuenta con 8 km.

4.2.1.2 Tratamiento de residuos orgánicos

En el cantón Cevallos no existe un lugar donde se realice el tratamiento de residuos orgánicos, todos estos residuos son recogidos, colocados en el recolector y enviados al botadero municipal.

4.2.1.3 Disposición final

El cantón Cevallos cuenta con un botadero municipal, el cual se encuentra en el sector conocido como Playas de Cevallos. El carro recolector se dirige al botadero 2 veces al días, ingresa por un camino de tierra y descarga los residuos recolectados, en el lugar de disposición final no se encuentra ningún encargado que esté vigilando, prácticamente pasa vacío sólo cuando tienen que enterrar los residuos se dirigen con un tractor para tapar y compactar el suelo, en el lugar existen perros callejeros, moscas, ratones y malos olores, además de que no se encuentra bien cubierta la basura, y con el viento existe mucho polvo y se esparce la basura que no está bien cubierta.

4.2.2 ENCUESTAS

A continuación en el presente proyecto, las encuestas que se realizó del día 11 al 17 de octubre del 2021, tienen como fin analizar la opinión y sugerencias de la población previamente muestreada acerca del proyecto que se va a realizar. En primer lugar, a partir de las visitas de campo, se realizó el respectivo muestro y se definió las fuentes generadoras como son: domiciliar, comercial, industrial, educativo, mercado, subcentro de salud y barrido de calles. Cabe señalar que existen dos encuestas para el sector domiciliario, en donde la primera indaga acerca del nivel socioeconómico y la segunda acerca de la gestión de residuos sólidos.

4.2.2.1 Determinación de la muestra

$$n = \frac{Z^2 * N * \sigma^2}{(N - 1)E^2 + Z^2 * \sigma^2} \quad (4.1)$$

Donde:

- Z = Nivel de confianza más utilizado es de 95%, que es un coeficiente de confianza de $1,96 \approx 2$.
- N = Viviendas y establecimientos comerciales del cantón bajo estudio.
- σ = Desviación estándar, con un valor de 0,5.
- E = El error permisible que varía entre 1 % y 15 %, se tomará un valor de error de 15 %.
- n = Tamaño de la muestra.

(Aguilar Barojas, 2005)

- **Domiciliar**

Para la determinación del número de encuestas a realizarse en el sector domiciliar se utilizó la información proveniente del catastro de la zona urbana y rural del cantón Cevallos obtenidas de la Dirección de Planificación, Avalúos y Catastro, y por medio de la ecuación 4.1 se determinó la cantidad de encuestas que se va a realizar tanto en la parte urbana como rural.

- **Comercial e Industrias**

En la parte comercial se obtuvo información del catastro de patentes municipales en el cual se encuentra todas las actividades económicas del cantón, brindada por la Dirección de Planificación, Avalúos y Catastro, de todas las actividades que se realizan, se separó solo las que tienen un local comercial o una fábrica el cual genera residuos.

- **Mercado**

Para determinar la cantidad de puestos a ser encuestados, se calculó la muestra, por lo cual se solicitó la respectiva información al departamento de servicios municipales plazas y mercados. Las encuestas se realizaron en el centro de acopio y comercialización de Cevallos debido a que los sujetos depositan los residuos en recipientes en este lugar además una gran cantidad de residuos son depositados en el suelo.

- **Unidades Educativas**

En cuanto a los establecimientos académicos, se identificaron tres Unidades Educativas en funcionamiento las cuales son: “Pedro Fermín Cevallos, Madre Gertrudis y Alberto Guerra” por lo que no fue necesario el muestreo respectivo, y por lo tanto se procedió a realizar las encuestas a los directores de cada institución debido a que los alumnos siguen en clases virtuales.

- **Subcentros de salud**

Debido a que en el cantón Cevallos solo existe un subcentro de salud, el cual se encuentra a las afueras del centro del cantón, aquí se realizó la encuesta al encargado de la gestión de los residuos.

- **Barrido de calles**

En esta fase no se realizaron encuestas, se obtuvo información del responsable de la gestión ambiental del cantón, quien indicó que el horario de trabajo es de 7h00 a 10h00, por las calles centrales del cantón, los trabajadores están conformado por dos personas que se alternan cada semana.

4.2.2.2 Encuestas de estratificación del nivel socio-económico

Para determinar a qué grupo socioeconómico pertenece el cantón, se tomó en consideración las encuestas realizadas por el INEC, las preguntas que se realizaron son sobre: características de las viviendas, acceso a tecnología, hábitos de consumo, nivel de educación y actividad económica del hogar, estas encuestas se las realizo solo al sector domiciliario, el formato se encuentra en el ANEXO 1. De acuerdo al puntaje descrito en la Tabla 15 se identificó a que grupo socio-económico pertenece el cantón.

Tabla 15:

Nivel socioeconómico

Grupos socioeconómicos	Umbrales
A (alto)	De 845,1 a 1000 puntos
B (medio alto)	De 696,1 a 845 puntos
C⁺ (medio típico)	De 535,1 a 696 puntos
C⁻ (medio bajo)	De 316,1 a 535 puntos
D (bajo)	De 0 a 316 puntos

Fuentes: (INEC (Instituto Nacional de estadísticas y Censos), 2011)

4.2.2.3 Encuestas sobre gestión de los residuos sólidos

Las encuestas fueron realizadas en base a las necesidades del cantón, para esto se separó en encuestas para los sectores: domiciliario, comercial, industrial, educativo, mercado y subcentro de salud, con preguntas específicas para cada sector, los formatos de cada encuesta se encuentran en el ANEXO 2.

Las preguntas cuentan con información sobre separación en la fuente, almacenamiento de residuos, recolección, tratamiento y disposición final, además de que los encuestados pueden dar su opinión sobre ciertos temas.

4.3 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES CAUSADOS EN LAS FASES DE SEPARACIÓN EN LA FUENTE, TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y DISPOSICIÓN FINAL

Por medio de las visitas a campo en las fases de: separación en la fuente con los distintos generadores y la disposición final de los residuos, se procedió a la identificación de los impactos ambientales, en esta etapa no se tomó en cuenta el tratamiento de los residuos orgánicos debido que el cantón no cuenta con un sistema de tratamiento el cual pueda ser analizado. En la Tabla 16 se muestra las acciones de las fases a ser estudiadas.

Tabla 16:

Acciones de las fases de gestión de RSM estudiadas

Acciones de las fases de gestión de RSM estudiadas	
SEPARACIÓN EN LA FUENTE	Sector Domiciliario y Comercial
	Sector Industrial
	Mercado
	Subcentro de Salud
	Barrido
DISPOSICIÓN FINAL	Descarga de residuos
	Cobertura y compactación de residuos
	Generación de gases
	Generación de Lixiviados
	Barrera Natural

Separación en la fuente

Dentro de la separación en la fuente se tomó en cuenta cinco generadores identificados en las vistas a campo, los sectores: domiciliario, comercial, industrial, mercado, subcentro de salud y barrido, las cuales causan un impacto significativo al ambiente y a la salud pública. Gracias a las visitas a campo se pudo obtener información sobre los impactos ambientales y con la ayuda de una cámara fotográfica se obtuvo evidencia.

Disposición final

Debido a que la disposición final de los residuos en el cantón Cevallos se la realiza en un botadero a cielo abierto perteneciente a la municipalidad, se procedió a identificar las diferentes actividades que causan un impacto a la parte ambiental y a las personas que viven

cerca y lejos del botadero. A continuación, se presenta la Tabla 19 con los componentes ambientales que se identificaron en las visitas a campo.

Tabla 17:
Componentes ambientales

COMPONENTE	SUB-COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL
ABIÓTICO	AIRE	Gases
		Malos olores
		Material particulado
		Generación de ruido
	AGUA	Agua Subterránea
		Agua Superficial
	SUELO	Calidad del suelo
		Erosión
		Estabilidad del terreno
BIÓTICO	FLORA	Calidad de la cobertura vegetal
		Cantidad de vegetación
	FAUNA	Calidad del hábitat
		Cantidad de especies
		Proliferación de vectores
MEDIO SOCIOECONÓMICO	SOCIAL	Calidad de vida y bienestar
		Salud y seguridad
	ECONÓMICO	Empleo
MEDIO ESTÉTICO	PAISAJE	Calidad visual

Fuente: (Alemán, 2015)

Los impactos ambientales en las fases de separación en la fuente y disposición final de los residuos fueron determinados mediante la matriz de Leopold Causa – Efecto, debido que es un método de identificación simple y no sistematizado fácil de usar (Luz De la Maza, 2007).

La matriz cuenta con dos ejes, en el vertical se indica las condiciones ambientales influenciadas por las acciones antrópicas y en el horizontal están las acciones que pueden causar el impacto ambiental (Dellavedova, 2010).

4.3.1 VALORACIÓN DEL IMPACTO

Para determinar el impacto ambiental causado se hace una valoración de la importancia y la magnitud del impacto que se ha identificado con anterioridad, esto mediante una operación denominada valor del impacto, el resultado corresponde a la ecuación 4.2:

$$\text{Valor del impacto} = \pm(\text{Imp} * \text{Mag})^{0.5} \quad (4.2)$$

Donde:

- \pm = Identificación de impacto positivo (+) y negativo (-).
- Imp = Importancia del impacto.
- Mag = Magnitud del impacto.

(Geovial, 2014)

En los resultados los valores pueden variar entre 1 impacto mínimo y 10 impacto máximo. Corresponden a un impacto de poca influencia para el entorno los que tengan valores cercanos a 1, en cambio los valores mayores a 6.5 son impactos con una elevada incidencia al medio sean estos positivos o negativos.

Importancia del impacto

“Corresponde a la importancia que tiene una acción sobre un factor determinado, es por esto que se utiliza la metodología centrada en la evaluación de las características de duración, reversibilidad y extensión, introduciendo factores de ponderación de acuerdo a la importancia de cada factor ambiental” (Geovial, 2014).

Las características para determinar la importancia del impacto se definen a continuación:

- Extensión: Corresponde al área de influencia que tendrá el impacto ambiental con relación a la extensión del proyecto.
- Duración: Se define como el tiempo que va a durar la acción que afecte al lugar, la cual puede ser temporal, permanente o periódica.
- Reversibilidad: Se refiere a que una vez causado el impacto este pueda volver a las condiciones iniciales.

(Geovial, 2014)

En la ecuación 4.3 se muestra el cálculo para determinar la importancia del impacto:

$$\text{Imp} = W_e * E + W_d * D + W_r * R \quad (4.3)$$

Donde:

- Imp = Valor calculado de la importancia del impacto ambiental.
- We = Peso del criterio de extensión = 0,25.
- E = Valor del criterio de extensión.
- Wd = Peso del criterio de duración = 0,40.
- D = Valor del criterio de duración.
- Wr = Peso del criterio de reversibilidad = 0,35.
- R = Valor del criterio de reversibilidad.

(Geovial, 2014)

Tabla 18:

Criterios de puntuación de la importancia del impacto ambiental

Características	Puntuación				
	1,0	2,5	5,0	7,5	10,0
Extensión	Puntual	Particular	Local	Generalizada	Regional
Duración	Esporádica	Temporal	Periódica	Recurrente	Permanente
Reversibilidad	Completamente Reversible	Medianamente Reversible	Parcialmente Irreversible	Medianamente Irreversible	Completamente Irreversible

Fuente: (Geovial, 2014)

Los valores de la importancia del impacto varían entre 1 y 10, siendo 10 el máximo y 1 el mínimo.

Magnitud del impacto

Corresponde a la incidencia que tiene el factor ambiental sobre el ámbito en el cual actúa, tiene una puntuación en base al juicio del evaluador en una escala de 1 a 10, como se presenta en la Tabla 21:

Tabla 19:

Escala de puntuación

Magnitud				
1,0	2,5	5,0	7,5	10,0
Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta

Fuente: (Geovial, 2014)

Los valores de magnitud que se califican con 10 puntos corresponden a la altísima incidencia que tiene la acción sobre el factor con el cual interacciona.

4.3.2 CATEGORIZACIÓN DEL IMPACTO

La caracterización de los impactos ambientales, conforman cuatro categorías:

- “Impactos altamente significativos: Son los impactos que poseen un carácter negativo, causan un daño con alta incidencia al ambiente, difíciles de corregir, con duración permanente y extensión generalizada. El valor del impacto es $\geq 6,5$ ”.
 - “Impactos significativos: Su carácter es negativo, fáciles de corregir, con una duración temporal y extensión local. Sus valores de impacto son menores a 6,5 y mayores a 4,5”.
 - “Impactos despreciables: Tienen un valor de impacto menor a 4,5, con carácter negativo. Generalmente son impactos que pueden corregirse plenamente, son reversibles, con duración esporádica y su influencia es puntual”.
 - “Impactos benéficos: Son impactos de carácter positivo que dan un beneficio”.
- (Geovial, 2014)

4.4 DETERMINACIÓN DE LA TASA DE GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES, COMPOSICIÓN Y DENSIDAD

Para la determinación de la tasa de generación de residuos sólidos se utilizó los datos históricos de la municipalidad y de estudios previos en los cuales se muestra la cantidad de residuos existentes en el cantón, además de su composición y densidad.

La cantidad de residuos que se generan en el cantón al día, se determinó mediante la capacidad de recolección por la eficiencia del carro recolector, para un valor aproximado de la generación de residuos al día se realizó un promedio de los 6 días de recolección. Además, con los datos históricos de recolección se sacó los porcentajes de los residuos generados por cada sector, este porcentaje se utilizó para calcular la generación de residuos en cada sector (Castillo Pazmiño, 2012). A continuación se presentan las ecuaciones 4.4, 4.5 y 4.6.

$$\text{Cantidad de residuos} = \frac{\text{Capacidad del vehículo recolector} * \text{Eficiencia} \%}{100\%} \quad (4.4)$$

$$\text{Porcentajes } \%_{\text{por sector}} = \frac{\text{Peso generado por sector}}{\text{Peso total de residuos generados}} * 100\% \quad (4.5)$$

$$Generación\ de\ residuos_{por\ sector} = \frac{Generación\ de\ residuos\ al\ día * Porcentaje\ \%}{100\%} \quad (4.6)$$

4.4.1 DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PER CÁPITA (PPC)

Para calcular la PPC se utilizó el método de determinación por estratos, el cual consiste en dividir el peso de residuos de cada sector para el número de habitantes del cantón, según la ecuación 4.7. Los estratos se los separó en los sectores: domiciliario, comercial, industrial, centro de acopio y comercialización Cevallos, unidades educativas y subcentro de salud.

$$PPC_{sector} = \frac{Producción\ de\ residuos\ (\frac{kg}{día})}{Número\ de\ habitantes\ (hab)} \quad (4.7)$$

Donde:

- $PPC_{sector} =$ Producción per cápita de cada sector ($kg/hab * día$)

La producción per cápita total se la determina sumando la PPC_{DOM} más la PPC de los demás generadores los cuales se les hizo un promedio. Esto se debe a que PPC_{DOM} presenta una confiabilidad estadística, en cambio los demás generadores se asume que están asociada a la población del lugar de estudio (Castillo Pazmiño, 2012), esto se muestra en la ecuación 4.8.

$$PPC_{TOTAL} = PPC_{DOM} + PPC_{OTROS\ GENERADORES} \quad (4.8)$$

Donde:

- $PPC_{TOTAL} =$ Producción per cápita total ($kg/hab * día$)
- $PPC_{DOM} =$ Producción per cápita del sector domiciliario ($kg/hab * día$)
- $PPC_{OTROS\ GENERADORES} =$ Producción per cápita de los sectores: comercial, industrial, centro de acopio y comercialización Cevallos, educativo y subcentro de salud ($kg/hab * día$)

4.4.2 PROYECCIÓN POBLACIONAL, DE PPC Y DE LA CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS

La proyección de la población se calculó mediante la ecuación 4.9, la tasa de crecimiento poblacional corresponde al 1,5 % obtenida del censo del 2010 en el cantón Cevallos y la producción per cápita futura que se obtuvo mediante la ecuación 4.10, con una tasa de

crecimiento anual de generación de residuos que variar entre 0,5 % y 1 %. Para la cantidad de residuos sólidos generados diariamente se realizó la multiplicación de la población y la PPC (Estévez Tejeda, 2015).

$$P_F = P_o (1 + i)^n \quad (4.9)$$

Donde:

- P_F = Población futura (hab)
- P_o = Población presente (hab)
- i = Tasa de crecimiento 1.5%
- n = Número de años

$$PPC_F = PPC_o (1 + i)^n \quad (4.10)$$

Donde:

- PPC_F = Producción per cápita futura
- PPC_o = Producción per cápita presente
- i = Tasa de crecimiento anual 1 %
- n = Número de años

4.4.3 COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Para determinar la composición de los residuos se utilizó los datos históricos pertenecientes a la municipalidad del año 2015 al 2019, usando las ecuaciones 4.5 y 4.6 en este caso para cada material, aquí se obtuvo los porcentajes de los residuos orgánicos, papel, cartón, plástico, vidrio, textil, pañales, chatarra entre otros, de los años anteriores y para la determinación de la generación actual se utilizó los porcentajes obtenidos y el peso del año 2021.

4.4.4 DENSIDAD DE LOS RSM

Para los valores de la densidad de los residuos, se utilizó datos históricos, esto se debe a que no se realizó un muestreo y los valores que se generan no tienen una variación muy alta a los años anteriores.

4.5 PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA LA SEPARACIÓN EN LA FUENTE, TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y DISPOSICIÓN FINAL

Dentro de las alternativas se encuentra un programa de reciclaje para la fase de separación en la fuente, un programa de compostaje para la fase de tratamiento de residuos orgánicos y los lineamientos base para un relleno sanitario en la fase de disposición final. Se pretende entregar un plan de socialización en los barrios tanto urbanos como rurales para concientizar sobre el buen manejo de los residuos dentro de casa, porque es importante la separación en la fuente y así poder dar un segundo uso a residuos como son botellas, plásticos, vidrio y residuos orgánicos. Además de un horario de recolección para residuos reciclables y orgánicos.

En el programa de reciclaje, se pretende entregar el dimensionamiento de un centro de acopio de material reciclable el cual servirá para almacenar y clasificar los residuos, los trabajadores necesarios, también los costos de implementación y los ingresos económicos por la venta de los residuos.

Dentro del programa de compostaje se pretende entregar información sobre la separación y recolección de los residuos orgánicos, además, de la operación de la planta de compostaje y la utilización del compost ya terminado. Con respecto a la operación de la planta de compostaje, debido a que el cantón no cuenta con una, se pretende dar el dimensionamiento de acuerdo a la cantidad de residuos orgánicos que se generan y el procedimiento adecuado para la generación de compost. Además, se determinará el costo para implementar esta alternativa.

Por último, para la alternativa de disposición final se pretende determinar las dimensiones del relleno sanitario manual de acuerdo a la cantidad de residuos que se generarán y las dimensiones de la celda diaria con el respectivo cálculo de mano de obra necesaria para el mantenimiento del relleno sanitario, además de los costos que se requerirán para la implementación de esta alternativa.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 ANÁLISIS DE LA GESTIÓN ACTUAL DE LOS RESIDUOS

Las visitas a campo y las encuestas proporcionaron información relacionada el manejo de residuos sólidos en las distintas fases que son: separación en la fuente, tratamiento de residuos orgánicos y disposición final, a continuación, se presentan los resultados obtenidos.

5.1.1 RESULTADOS DE LA VISITA DE CAMPO

5.1.1.1 Fuentes de generación

- **Domiciliar**

En la parte domiciliar los residuos son depositados temporalmente en recipientes de plástico, para su recolección, en la parte rural son sacados en fundas plásticas o en los recipientes que posteriormente son devueltos en los horarios y días respectivos para cada barrio, en la parte urbana los residuos son colocados en los contenedores de 1.300 litros de capacidad que posteriormente son recogidos por el carro recolector todos los días de recolección, se puede evidenciar en la Figura 12. Además, se notó que en la zona rural existe basura esparcida por la acción de animales callejeros que rompen las fundas o derivan los recipientes. Debido a que el cantón no cuenta con un sistema de separación en la fuente, todos los residuos son trasladados al botadero municipal.



Figura 12: Separación en la fuente del sector domiciliar

- **Comercial**

En los comercios que principalmente se encuentran en la zona centro del cantón, los comerciantes realizan una separación de los cartones y plásticos los cuales venden y los residuos que ya no aprovechan los depositan temporalmente en recipientes sea de plástico o metal para posteriormente colocarlos en los contenedores de 1.300 litros al igual que los domicilios de esta zona esto se puede evidenciar en la Figura 13.



Figura 13: Separación en la fuente del sector comercial

- **Industrias**

En las industrias que principalmente son de calzado los residuos son colocados en los contenedores que se encuentran en la parte céntrica del cantón. Los residuos de las fábricas de chocolate, mermeladas y vinos son principalmente orgánicos que son usados para la alimentación de animales o abono y una pequeña cantidad son desechados en los contenedores para ser trasladados al botadero, como se muestra en la Figura 14.



Figura 14: Separación en la fuente del sector industrial

- **Mercados**

En la visita de campo al centro acopio y comercialización de Cevallos, mercado de especies menores y a de forraje, se observó que no existe ningún tipo de separación en la fuente por parte de los comerciantes, todos los residuos del centro de acopio, van a parar en tachos de basura de 120 litros de capacidad, o simplemente son tirados al suelo, en el mercado de especies menores no existen tachos de basura, todos los residuos son arrojados al suelo, y en el mercado de forraje de igual manera no existen tachos, aquí solo son residuos de la hoja que venden y algunos residuos de fundas de comida que son esparcidos en el piso de tierra, cabe recalcar que en los 3 lugares la mayor cantidad de residuos son orgánicos, para la limpieza de estas zonas se asigna a 3 jornaleros los días viernes, los cuales hacen la limpieza respectiva de estas zonas de 7h30 a 9h00 se dirigen al centro acopio y comercialización de Cevallos, de 9h30 a 11h00 se realizan la limpieza del mercado de especies menores, finalmente el mercado de forraje el limpiado en la tarde de 13h30 a 15h00, luego de cada limpieza en carro recolector se dirige a recoger los residuos que serán depositados en el botadero, esto se muestra en la Figura 15.



Figura 15: Separación en la fuente del mercado

- **Unidades Educativas**

Dentro de las unidades educativas “Pedro Fermín Cevallos, Madre Gertrudis y Alberto Guerra” los residuos se los saca una vez al día luego de terminar las clases y realizar la limpieza de todas las zonas, los residuos son depositados en los contenedores de 1.300 litros de capacidad que se encuentran cerca de cada unidad educativa, las instituciones no tiene puntos ecológicos pero se trata de reciclar algunos materiales por eso existe un lugar para

depositar botellas de plásticos para reducir los residuos de este tipo. En la Figura 16 se muestran los contenedores existentes.



Figura 16: Separación en la fuente del sector educativo

- **Subcentro de salud**

En el centro de salud Cevallos tipo B se pudo observar que existen puntos ecológicos para separar los residuos, además de un cuarto en donde se almacena temporalmente los residuos hasta que el recolector los retira en caso de residuos comunes, en caso de residuos infecciosos y corto-punzantes los recoge un gestor autorizado. Esto se evidencia en la Figura 17.



Figura 17: Separación en la fuente del centro de salud

- **Barrido de calles**

El barrido se lo realiza solo en las calles principales del cantón, en el recorrido que se realizó, se observó, que la limpieza la realizan dos jornaleros los cuales son intercalados cada semana, cada jornalero cuenta con una escoba, pala y un recipiente de 100 litros de capacidad, los residuos que son recogidos son dispuestos en el recipiente sin ningún tipo de separación, posteriormente son entregados al carro recolector, además se hace la limpieza de zonas verdes esto se evidencia en la Figura 18.



Figura 18: Recolección de residuos del barrido

5.1.1.2 Disposición final

El cantón Cevallos cuenta con un botadero perteneciente a la municipalidad, el cual se encuentra en funcionamiento desde el año 2003, antiguamente los residuos eran colocados si ningún control todo era puesto en pilas de basura y después de un tiempo enterradas, en la actualidad los residuos son dispuestos, enterrados y el suelo compactado, aún existe la presencia de animales callejeros y de vectores como moscas y roedores, además existe presencia de basura que no ha sido enterrada bien. Para la recolección y disposición final de los residuos el cantón cuenta con un vehículo compactador marca HINO, caja USMECA modelo 2007, con una capacidad del vehículo recolector de 7 toneladas, el cual cubre las áreas urbanas y rurales del cantón cada día.



Figura 19: Disposición final de los residuos

También se visitó el lugar destinado para el relleno sanitario el cual cuenta con 2 hectáreas de terreno y está ubicado en el barrio Santa Rosa vía el manantial del cantón Cevallos. Con respecto a los días y horarios de recolección se tiene una hoja de ruta del recolector la cual se la realiza todos los días y el final de semana se presenta un informe.

Tabla 20:*Hoja de movilización del vehículo recolector marca Hino hg.*

NOMBRE DEL CONDUCTOR	HORA		LECTURA DEL KILOMETRAJE			DESCRIPCIÓN DEL RECORRIDO
	SALIDA	RETORNO	SALIDA	RETORNO	KM	
LUNES 20-9-21 Sr. Javier Flores.	07:H00	16:H00	131.958	132.000	42	Barrios Urbanos, Aire Libre, Tambo Centro, Tambo la Universidad, Querochaca, Andignato, Cristal, La Amistad, Las Playas, Retorno al botadero de basura
MARTES 21-9-21 Sr. Javier Flores.	07:H00	16:H00	132.000	132.050	50	Parque del Niño, Coliseo, Paradero Las Rosas, Agua Santa, La Florida, Nuevos Horizontes, Los Vincos, Palahua. Santa Rosa, Retorno al botadero de basura.
MIÉRCOLES 22-9-21 Sr. Javier Flores.	07:H00	16:H00	132.050	132.089	39	Barrios Urbanos, Centro de Salud, Los Mirabeles, Tambo Centro, Tambo la Universidad, Querochaca, Andignato, Cristal, La Amistad, Las Playas, Retorno al botadero de basura
JUEVES 23-9-21 Sr. Javier Flores.	07:H00	16:H00	132.089	132.105	16	Mantenimiento del Vehículo recolector: lavado, engrasado, chequeo de filtros, aceite y refrigerante, Centro De Acopio
VIERNES 24-9-21 Sr. Javier Flores.	07:H00	16:H00	132.105	132.147	42	Barrios Urbanos, Aire Libre, Megainfocentro, Tambo Centro, El Triunfo, San Fernando, Cachiguayco, Centro de Acopio, Estadio de Santa Rosa, Plaza de Animales Menores, La Policia, Retorno al botadero de basura.
SÁBADO 25-9-21. Sr. Javier Flores.	18:H00	20:H00	132.147	132.153	16	Barrido Urbano Y Recolección de residuos sólidos de los contenedores urbanos.

Fuente: GADM Cevallos, 2021

5.1.2 RESULTADOS DE LAS ENCUESTA

5.1.2.1 Determinación del tamaño de la muestra

De la información que se obtuvo del número de viviendas, comercios, industrias y comerciantes del centro de acopio, se calculó el tamaño de la muestra de cada estrato, para esto se aplicó la ecuación 4.1 obteniendo los siguientes resultados presentados en la Tabla 21:

Ejemplo de cálculo para los domicilios urbanos:

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

$$n = \frac{1.96^2 * 644 * 0.5^2}{(644 - 1)0.15^2 + 1.96^2 * 0.5^2}$$

$$n = 40 \text{ domicilios}$$

Tabla 21:

Muestreo según estrato

Estrato	Cantidad	Muestra
Domicilios Urbanos	644	40
Domicilios Rurales	4.066	42
Comercial	350	38
Industrial	25	16
Centro de salud	1	1
Centro de acopio	179	35
Escuelas	3	3
Barrido	9	8

Elaborado por: Pazmiño, 2021

En la realización de encuestas se procedió de forma aleatoria a realizar las preguntas respectivas a cada sector. Además, de entregar trípticos y gigantografías para dar información sobre la gestión de residuos, esto se evidencia en la Figura 21 y el formato de los trípticos y gigantografías se muestra en el ANEXO 3 y ANEXO 4.



Figura 20: Elaboración de encuestas y entrega de trípticos

5.1.2.2 Resultado y análisis de las encuestas Socio-económicas

El cantón Cevallos se divide en zona urbana y rural y los resultados obtenidos al realizar las encuestas indican que tanto la zona urbana como rural se encuentran en el grupo socioeconómico medio típico (C+), con puntajes de 656 y 619 respectivamente como se presenta en la Tabla 22.

Tabla 22:

Nivel socio-económico del cantón Cevallos

Zona	Grupo socioeconómico	Umbrales de puntuación	Puntuación obtenida
Urbana	C+ (Medio típico)	De 535,1 a 696	656
Rural			619

Elaborado por: Pazmiño, 2021

5.1.2.3 Resultado y análisis de las encuestas sobre la gestión de los residuos sólidos

- **Sector Domiciliar**

En la Figura 21 se presenta la separación de residuos, en los domicilios de la zona urbana separan sus residuos en un 55 % y el 45 % no los separa, en cambio en la zona rural el 83 % si separa sus residuos y solo el 17 % no lo hace. Del total de encuestados que no realizan una separación de residuos, la razón principal es el tiempo que requiere con un 22 % y 7 % en la zona urbana y rural respectivamente.

De los encuestados que, si separan los residuos, en la zona urbana separan los residuos orgánicos en un 17 %, los inorgánicos con un 10 % y los reciclables con 28 %, en cambio en la zona rural separan los residuos orgánicos con un 52 %, los inorgánicos con un 7 % y

los reciclables con un 24 %, debido a que en la zona rural utilizan los residuos orgánicos para alimento de animales y abono para cultivos, esto se muestra en la Figura 22.

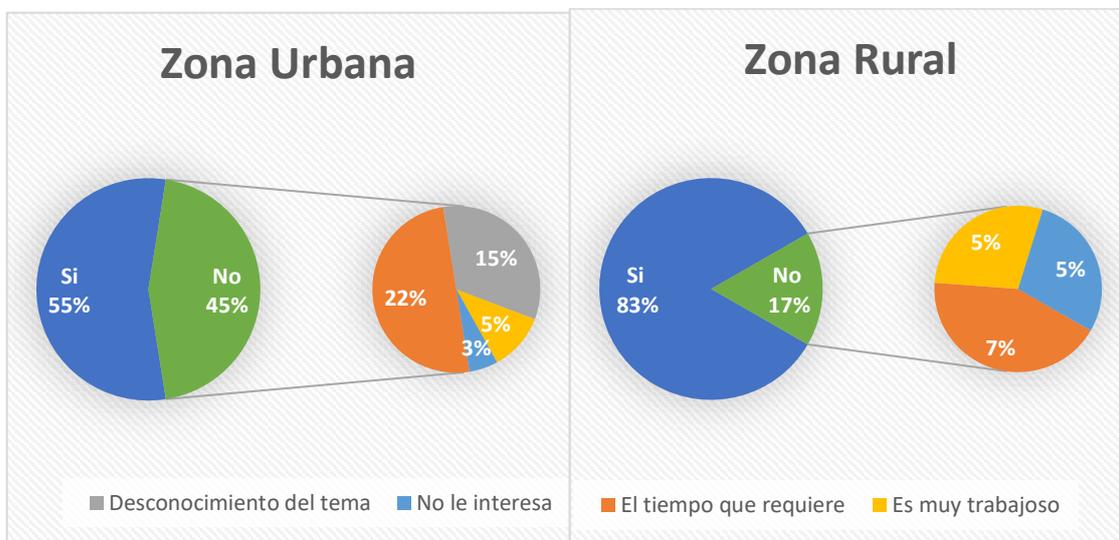


Figura 21: Separación de residuos en el sector domiciliario

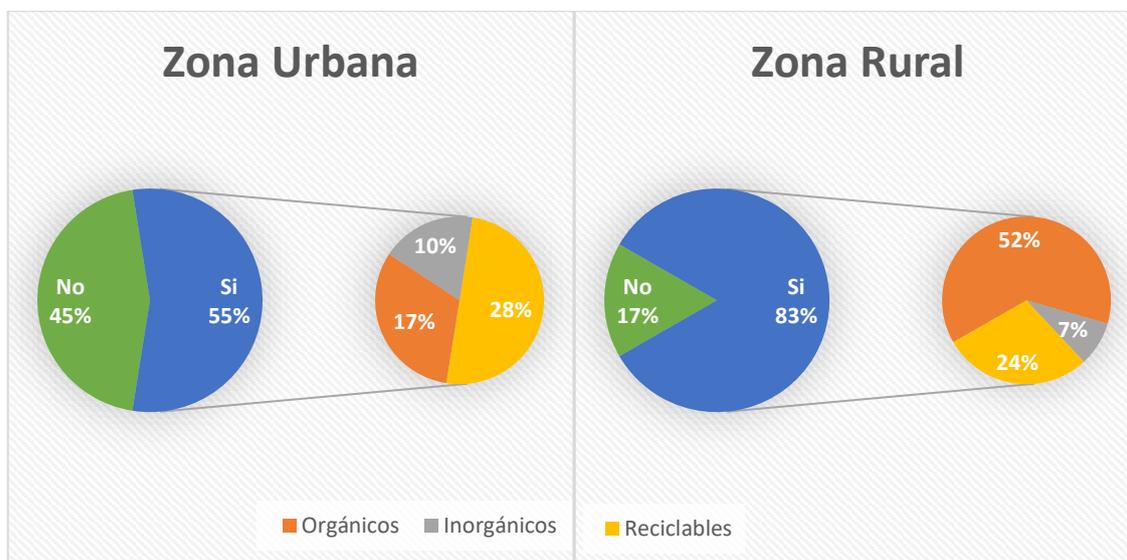


Figura 22: Cómo se separan los residuos en los domicilios

Con respecto al material que se recicla se puede observar en la Figura 23 que el plástico es el principal material recuperado, tanto en la zona urbana como rural con un porcentaje de 64 % y 48 % respectivamente, en segundo lugar, se encuentra el cartón con un 14 % en la zona urbana y con 26 % en la zona rural. Esto se debe a que el plástico y el cartón se los venden para ser procesados y transformados en materia prima, además por su precio de comercialización que depende del material y varía entre \$ 0,03 hasta \$ 0,7.

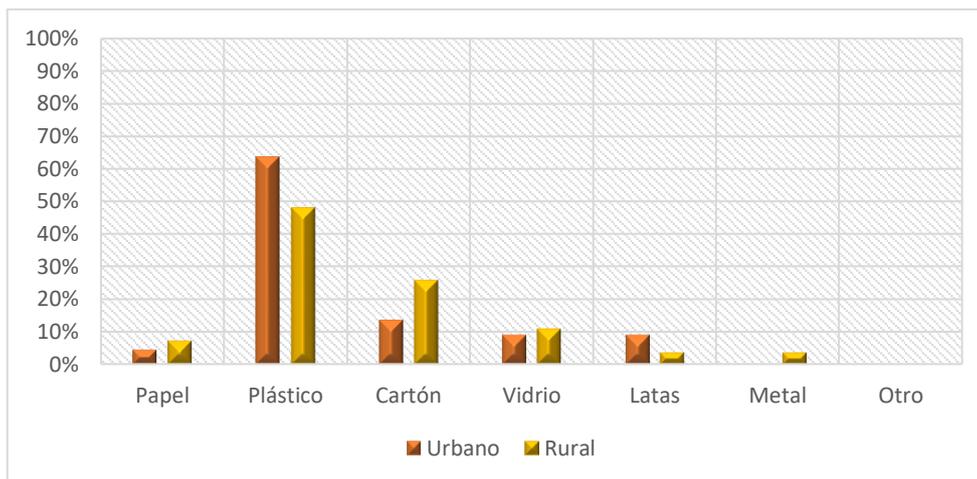


Figura 23: Material reciclado

Con respecto a la pregunta de qué material arroja con más frecuencia a la basura, en primer lugar con el 38 % en la zona urbana y 63 % en la zona rural se tiene a los no aprovechables, seguido por el plástico que tiene un 23 % y 22 % respectivamente, en tercer lugar está los residuos orgánico pero solo en la zona urbana con un 19 %, esto se debe a que muchas personas de esta zona no tienen animales o cultivos para dar este residuos, en cuarto lugar se encuentra el papel con un 15 % y 13 % y por último se encuentra el cartón con un 4 % y 2 %, en la Figura 24 se muestra los porcentajes con más detalle.

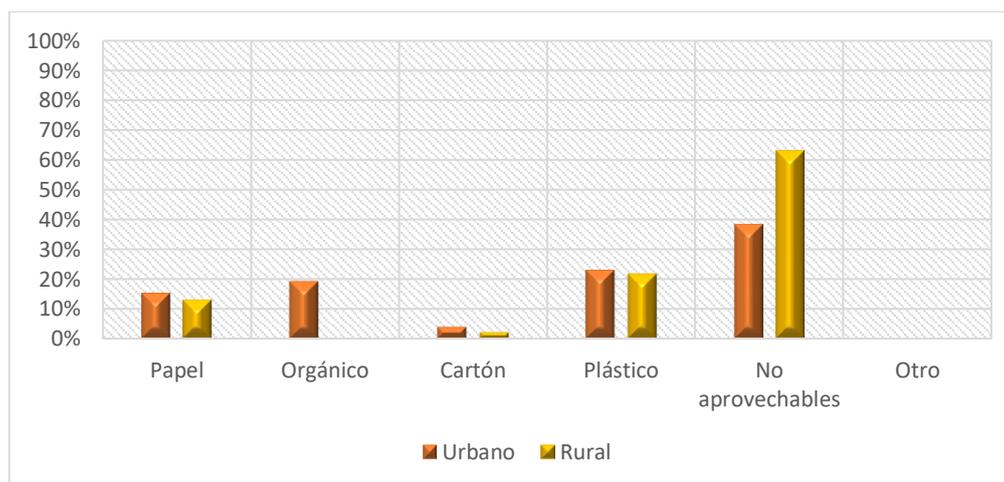


Figura 24: Material que arroja con más frecuencia a la basura

Con respecto al tipo de recipiente para almacenar temporalmente los residuos, la población tiende a almacenar sus residuos en más de dos recipientes debido a que estos se encuentran en el baño, cocina y dormitorio generalmente, y se utiliza recipiente de plástico, cartón, fundas y costales de yute. En el sector urbano y rural predominan los recipientes de plástico con un 57 % y 69 % respectivamente, esto se debe a que son más baratos, livianos y

resistentes si son cuidados adecuadamente. En la Figura 25 se detalla los porcentajes de los distintos recipientes en las zonas.

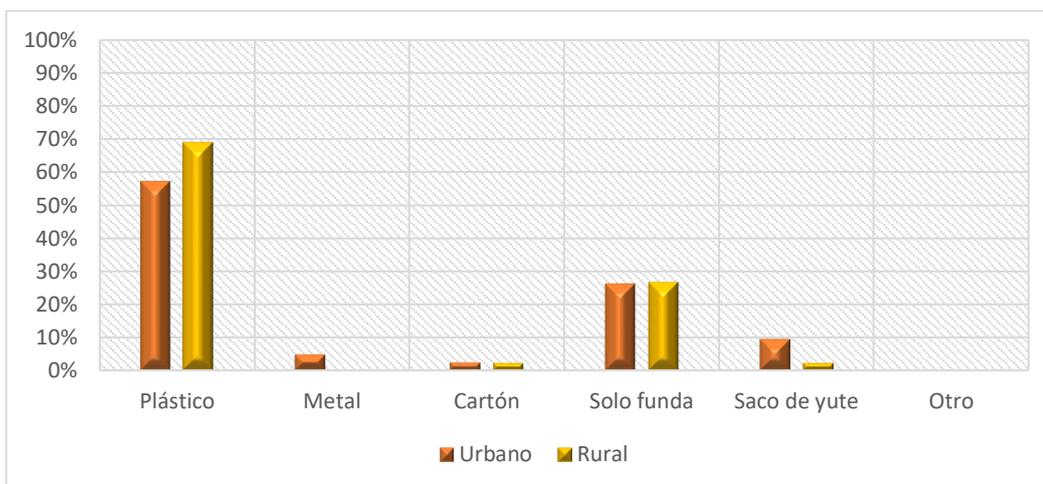


Figura 25: Tipo de recipiente para almacenar temporalmente los residuos

En la Figura 26 se muestra si la ciudadanía participaría en programas de separación en fuente. Se puede observar que tanto en la zona urbana como rural existe un alto porcentaje de encuestados que sobrepasa al 90 % con un 95 % en la zona urbana y un 98 % en la zona rural que colaborarían en el manejo de residuos, las razones que manifiestan son, que en los hogares se debe separar los residuos para que la disposición final sea adecuada, además, debe existir una cultura de reciclaje para mejorar el aspecto de la ciudad y beneficio para el ambiente y por último que la basura de una persona es el dinero de otra. Del 5 % y 2 % que no está dispuesta a colaborar es por falta de tiempo.

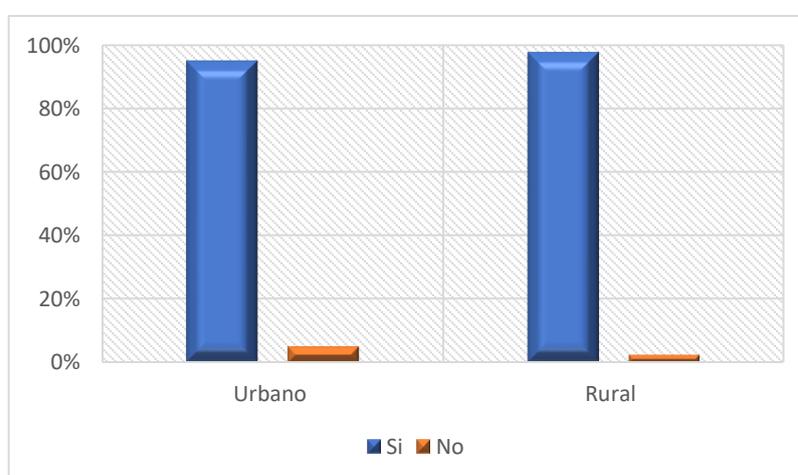


Figura 26: Participación en programa de separación en la fuente

Con respecto al servicio de recolección la mayoría de los encuestados recibe este servicio, en la zona urbana con 100 % y en la zona rural con un 98 %, el porcentaje que no recibe el

servicio es principalmente en la zona rural, debido a que en lugares el carro recolector no puede ingresar por lo tanto las personas suelen quemar los residuos.

En las Figuras 27, se muestra la disposición de los residuos si el recolector no pasa por el domicilio, en la zona urbana y rural principalmente guardan los residuos hasta que el recolector los retire con un 50 % y 74 %, el porcentaje que arroja a quebrada o terreno es de 2 % solo en la zona urbana, con respecto a la quema de residuos se tiene un 20 % y 17 %, el porcentaje que entierra es de 5 % y 2 % y por último otras actividades que realizan en la zona urbana es que depositan en los contenedores verdes con un 23 % y en la zona rural manifestaron que el recolector siempre pasa y que no tienen la necesidad de hacer otra actividad con un 2 %..

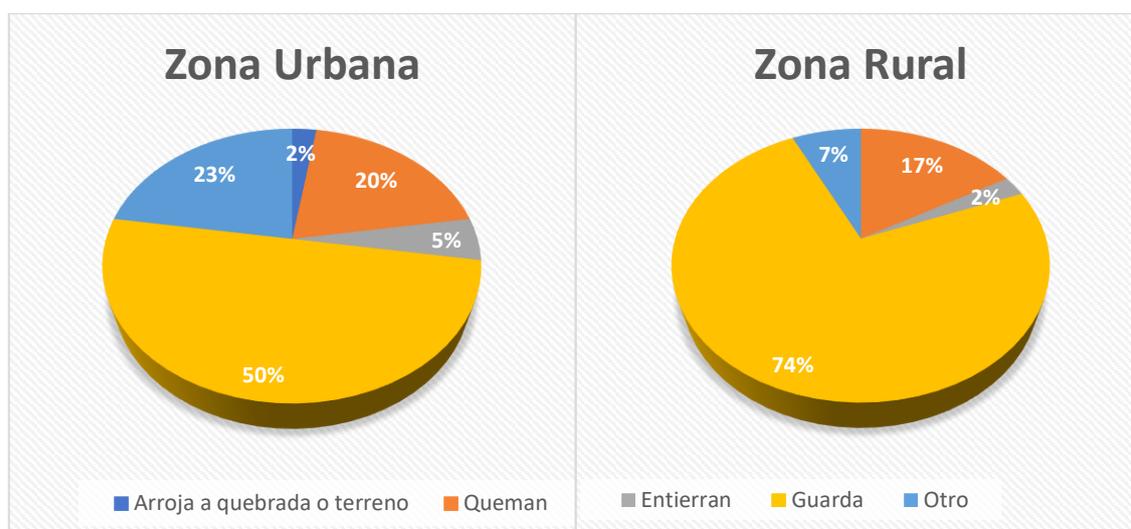


Figura 27: Disposición de los residuos si el recolector no pasa por el domicilio

Con respecto a la frecuencia y horarios de recolección, es adecuada para la mayoría de encuestados con un 75 % y 69 % en la zona urbana y rural respectivamente, los que no consideran que es adecuado se debe a que el recolector pasa a cualquier hora y no a las ya establecidas. La frecuencia puede variar según el sector, como se evidencia en la Figura 28, en la zona urbana entregan con mayor frecuencia los residuos de 3 a 4 veces por semana el 75 % de los encuestados, en cambio en la zona rural el 90 % la entrega de 1 a 2 veces a la semana, esto se debe a que en la zona céntrica el recolector pasa 3 veces a la semana o las personas dejan sus residuos en los contenedores y eso le consideran que entregan al recolector, a diferencia de la zona rural que solo pasa una vez a la semana, esto se muestra en la Figura 29.

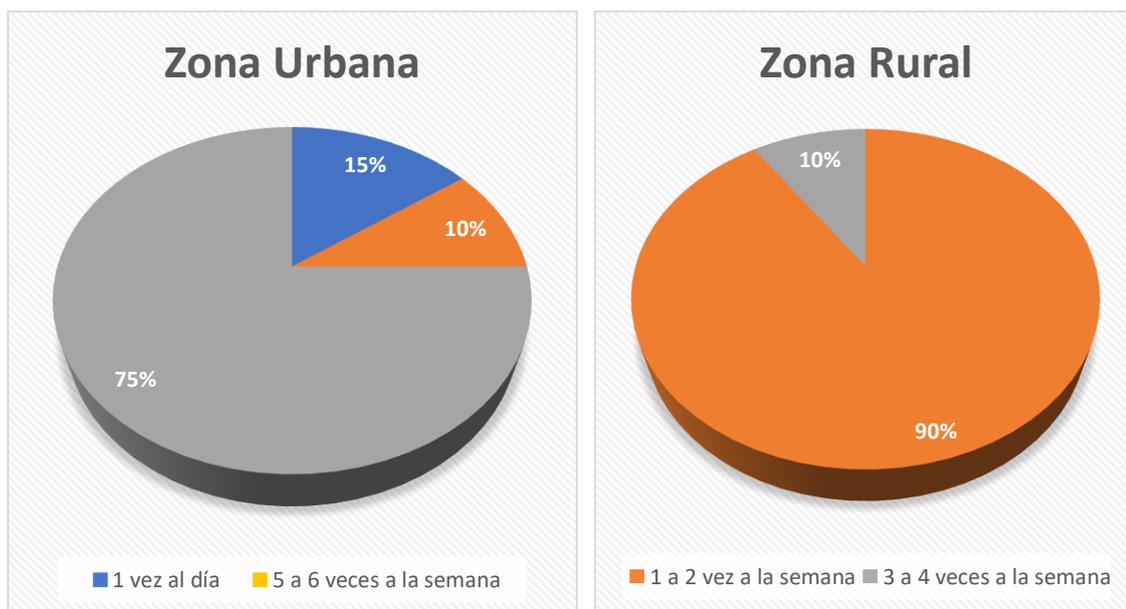


Figura 28: Frecuencia de recolección

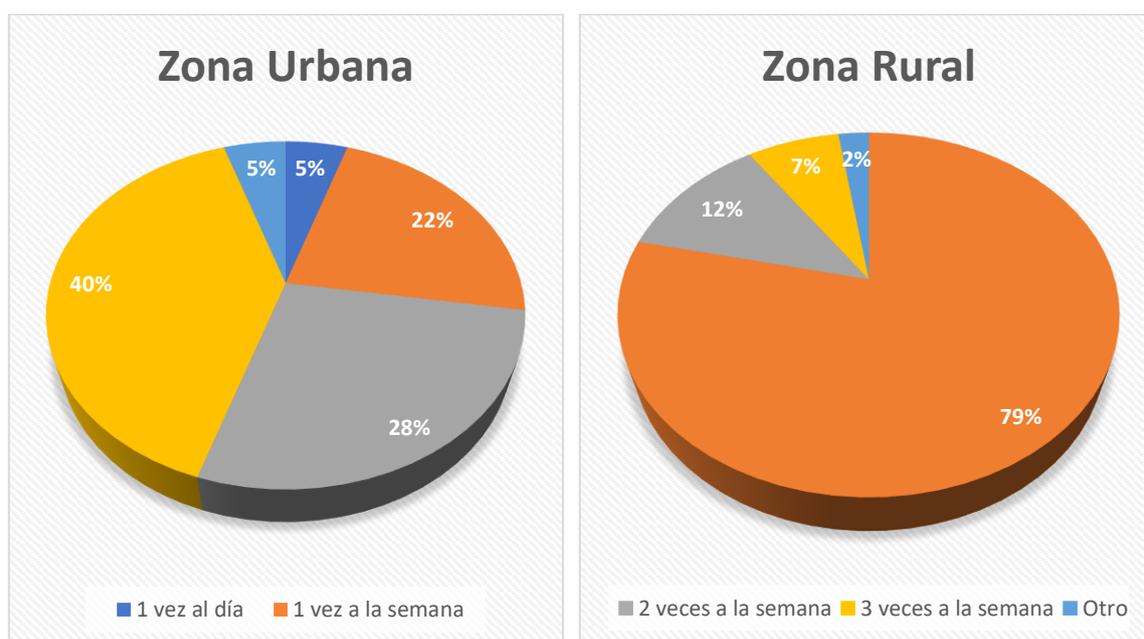


Figura 29: Frecuencia que pasa el recolector

El servicio de recolección actual proporcionado por la municipalidad, en la zona urbana es considerado bueno con un 50 % y en la zona rural es regular con un 60 %, en general los encuestados que consideran regular o malo el servicio de recolección se debe a que a pesar de que hay un servicio de recolección, no existe un adecuado control de los horarios, hay días que pasan a la hora que quiere, además hay ocasiones que la basura se esparce y los jornaleros no la recogen. En la Figura 30 se presentan los porcentajes mencionados.

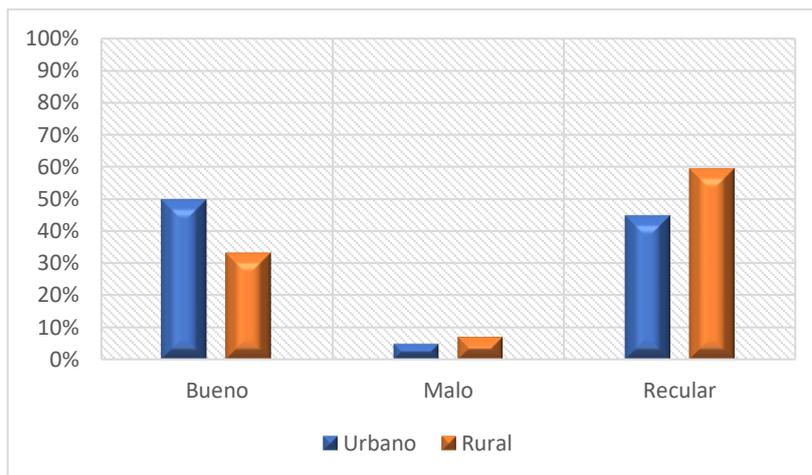


Figura 30: Servicio de recolección actual

En la Figura 31, se presenta la tarifa que estarían dispuestos a pagar por el manejo de los residuos, aquí la mayor parte de encuestados tanto en la zona urbana como rural pagarían de 1 a 2 dólares que corresponde al 65 % y 83 % respectivamente, esto se debe a que las personas no consideran que se deba pagar más por el servicio, y si se sube el precio se debe proporcionar un mejor sistema de recolección para que se justifique su aumento. En cambio, un porcentaje menor el cual oscila entre el 20 % y 12 % en la zona urbana y rural, no pagarían por este servicio, justificándose que todo debe ser provisto por el municipio.

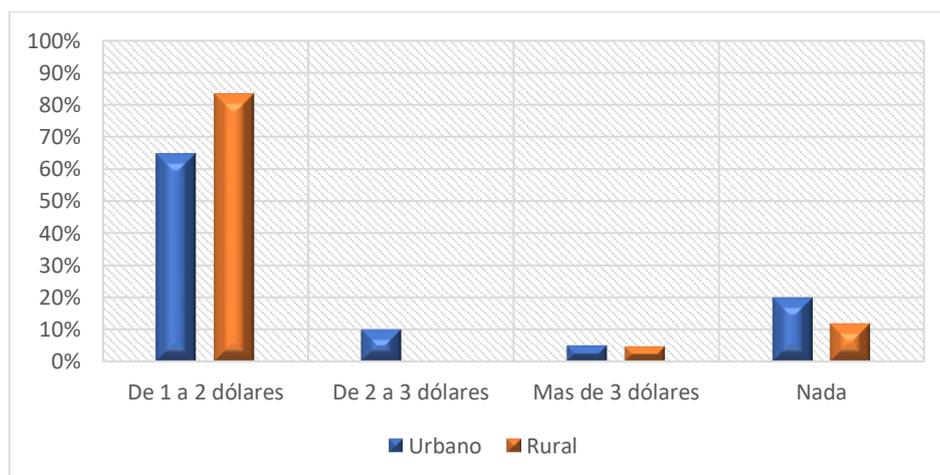


Figura 31: Tarifa que estaría dispuesto a pagar por el manejo de residuos

Los encuestados de la zona urbana y rural consideran que en el cantón la limpieza es regular con un 73 % y 69 % respectivamente, debido a que hay calles que se encuentran con basura y por causa del viento se esparce por toda la ciudad, además los fines de semana en los parques semana existe envolturas que dejan las personas y eso causa mucha inconformidad con la población. En la Figura 32 se presenta los porcentajes respectivos al estado del cantón.

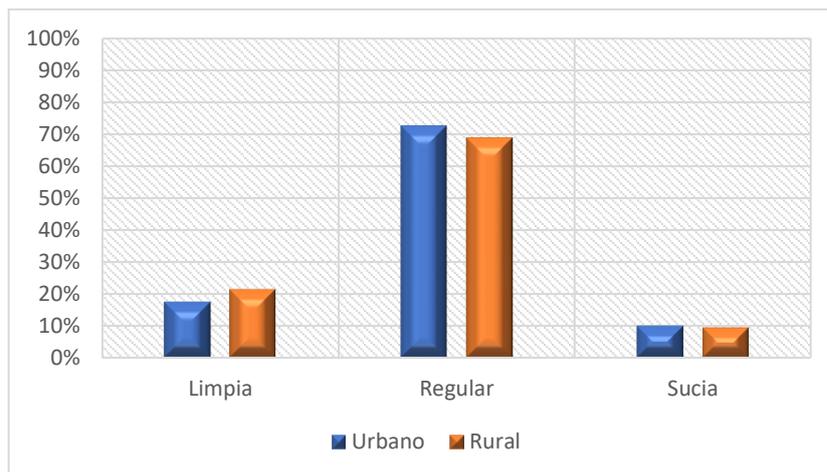


Figura 32: Cómo se encuentra el cantón con respecto a la limpieza

En la parte de tratamiento, se observa en la Figura 33, con respecto al manejo de los residuos orgánicos, estos son utilizados principalmente en alimento para animales con un 45 % en la zona urbana y un 52 % en la rural, cabe recalcar que en la zona urbana no es permitido tener animales como cerdos debido a la ordenanza municipal, por esto las personas que utilizan restos orgánicos para alimento de animales, es debido a que tienen animales en la zona rural. Con respecto a la realización de compostaje el 15 % y 17 % de la zona urbana y rural lo realiza y lo utilizan para pequeños jardines y cultivos.

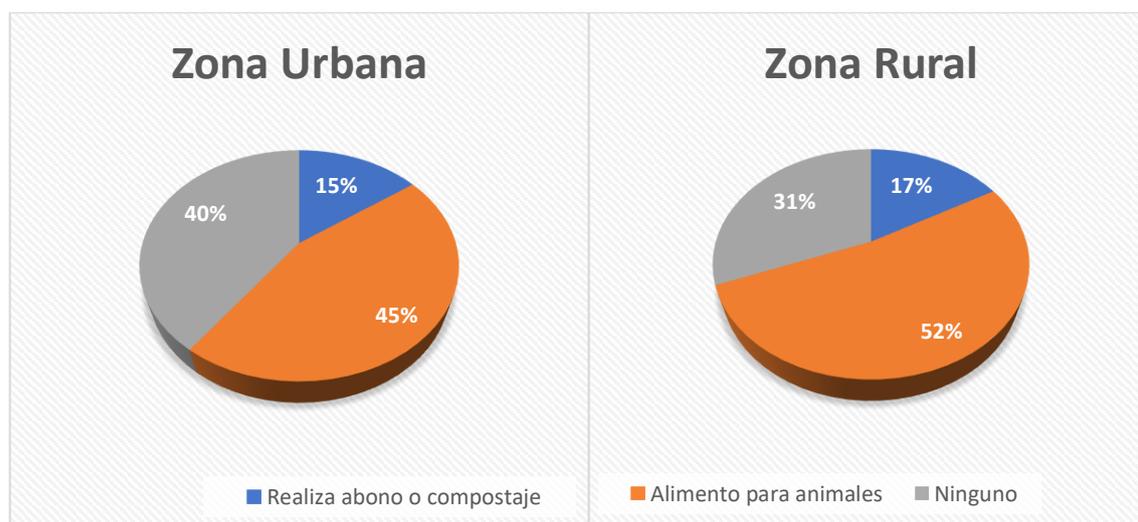


Figura 33: Manejo de residuos orgánicos

Con respecto a si los encuestados conocen acerca del compostaje el 73 % y 86% tanto de la zona urbana como rural si conocen sobre el tema, pero no lo realizan debido al tiempo que requiere o porque causa mal olor al momento de la descomposición de los residuos, pero es beneficiosos para el 63 % en la zona urbana y el 86 % en la zona rural para distintas actividades, todo esto se muestra en la Figura 34.

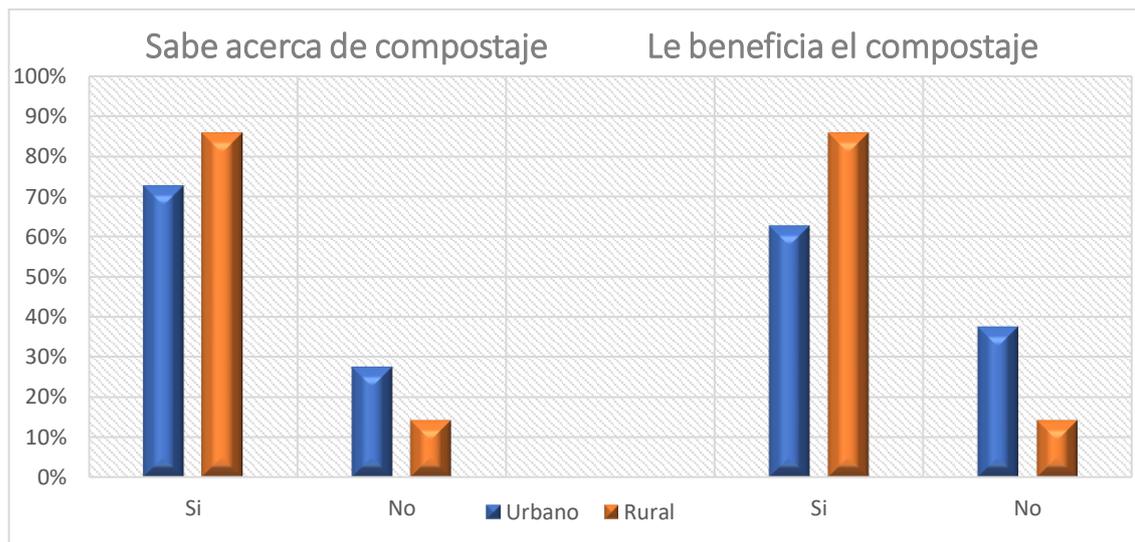


Figura 34: Conocimiento y beneficio del compostaje

Con respecto al reciclaje de residuos sólidos, mostrado en la Figura 35, en la zona urbana y rural conocen sobre el tema el 82 % y 81 % de los encuestados respectivamente, a pesar de que el porcentaje es alto, no todos realizan este proceso, esto se debe a que muchas personas no tienen el tiempo de separar los residuos reciclables y se les facilita mandar todo a la basura. Cabe recalcar que los encuestados están dispuestas a informarse más sobre el tema y realizar una separación adecuada de residuos orgánicos, inorgánicos y sanitarios como se presenta en la Figura 36, para que exista un mejor manejo de los residuos y evitar una contaminación excesiva.

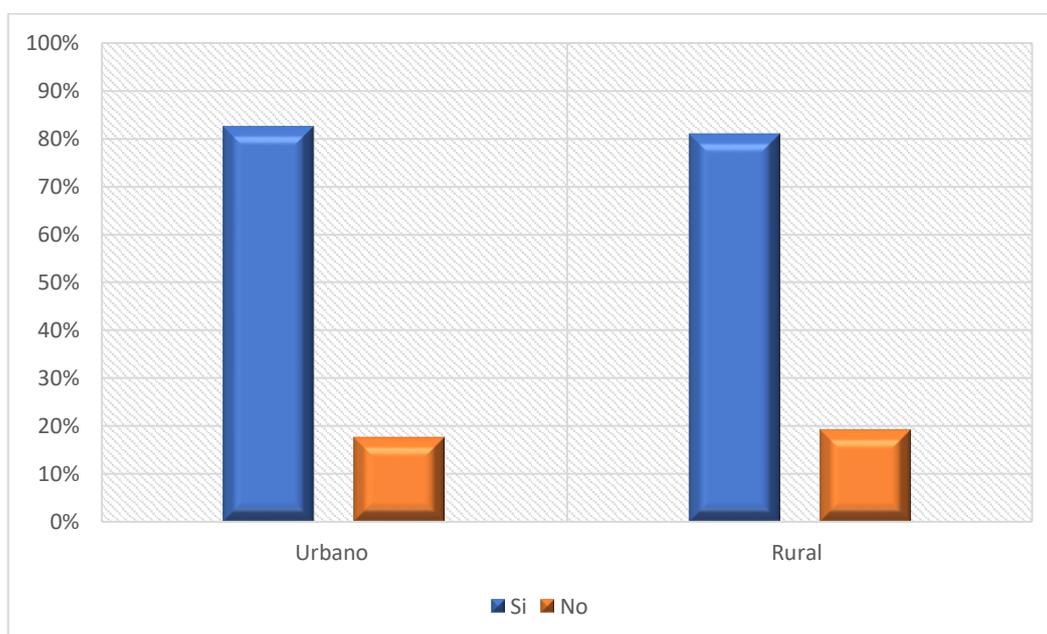


Figura 35: Conocimiento de reciclaje de residuos sólidos

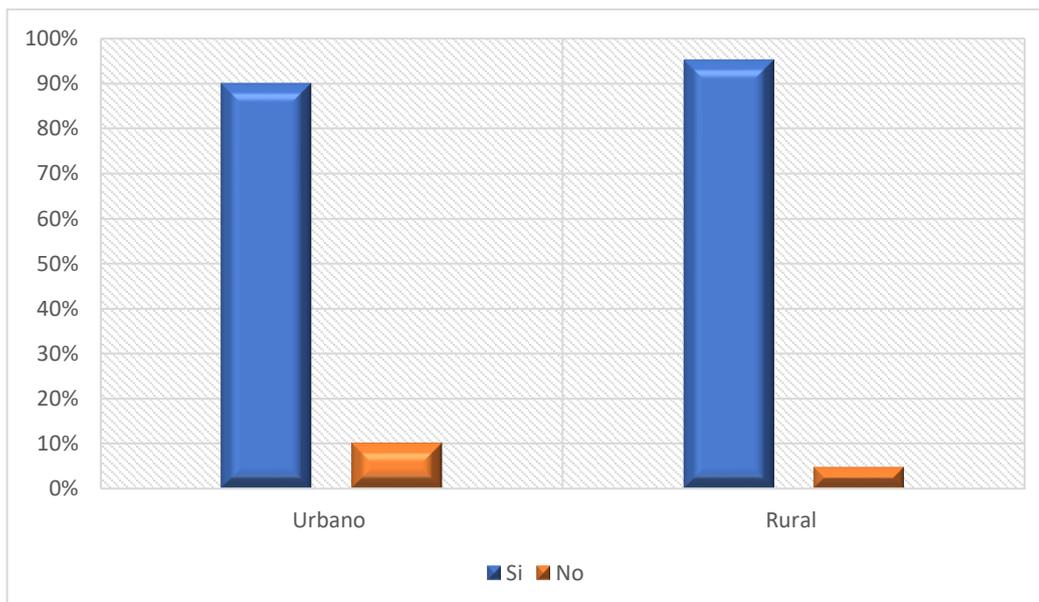


Figura 36: Disponibilidad para la separación de residuos orgánico, inorgánicos y sanitarios

En la Figura 37 se muestra si los encuestados estarían de acuerdo con la existencia de una planta de tratamiento y reciclaje de residuos sólidos en el cantón, aquí la mayoría está dispuesta a aceptar una planta de compostaje o reciclaje con un porcentaje de 77 % en la zona urbana y 86 % en la zona rural, pero no en la zona centro debido a que los residuos siempre van a causar un mal olor sobre todo los orgánicos y que sería mejor a las afueras donde no cause tanto impacto.

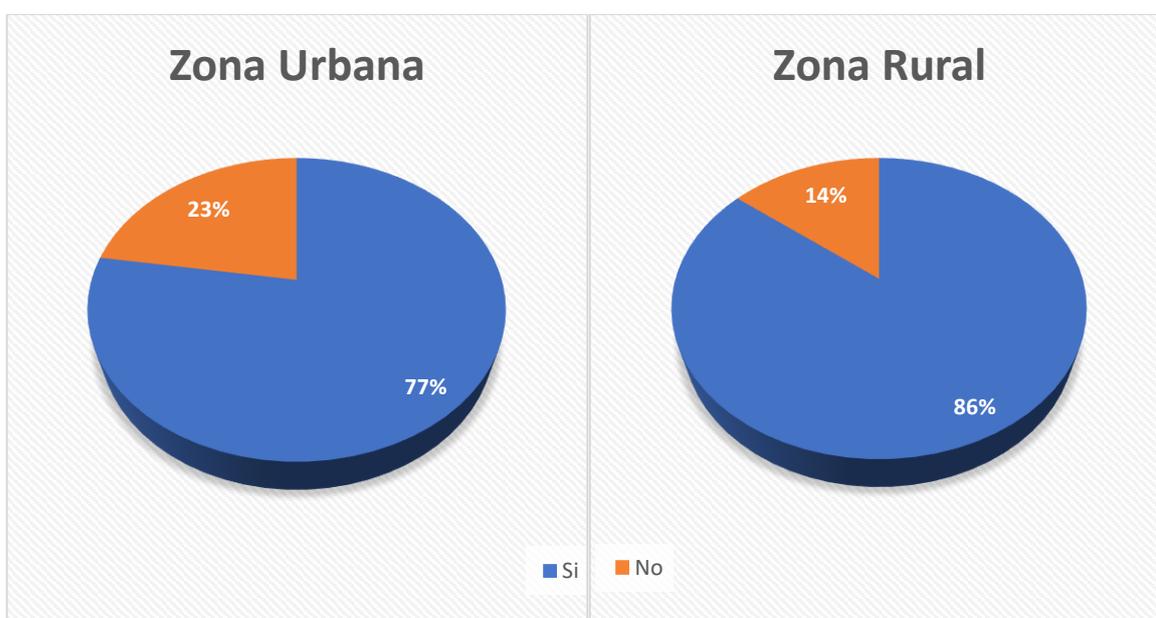


Figura 37: Estaría de acuerdo con la existencia de una planta de tratamiento y reciclaje de residuos sólidos en el cantón

En la Figura 38, se presenta los resultados con respecto a las preguntas de la separación obligatoria en el hogar y multar a quien no separa en la fuente por parte de la municipalidad. En las zonas urbana y rural las personas están de acuerdo a que la separación en el origen debe ser obligatoria con un 85 % y 88 % y con respecto a las multas por parte de la municipalidad a quien no separa los residuos en la fuente se tiene un 72 % y 76 %, esto nos indica que las personas si están dispuestas a realizar una separación en la fuente, principalmente para tener una ciudad limpia y que exista mayor turismo. Pero para lograr esto los encuestados también nos aclaran que hace falta poner contenedores adecuados para la separación dentro del cantón, o realizar una recolección diferencia debido a que cuando el recolector pasa recoge todo y pone en un mismo lugar.

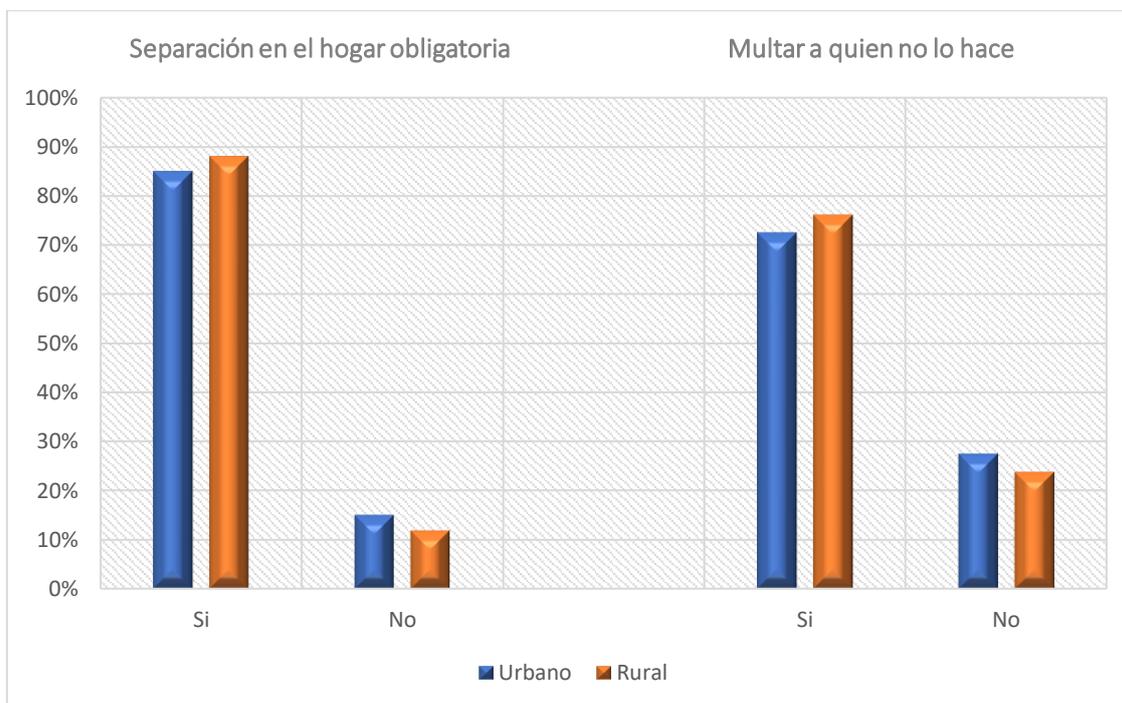


Figura 38: Consideraciones para sanciones por parte de la municipalidad

Con respecto a la existencia de basurales en el cantón, se visualiza en la Figura 39 que el 60 % y 79 % de encuestados de la zona urbana y rural respectivamente consideran que no existen basurales a los alrededores de las viviendas, en cambio el 40 % de la zona urbana y el 21 % de la zona rural aseguran que si existe basurales, como son quebradas, terrenos baldíos, calle, cunetas y el canal de agua, los cuales producen una mala imagen, malestar a los turistas y la las personas que viven cerca o transitan por el lugar, además todos los encuestados coinciden en que el mal manejo de los residuos puede ocasionar problemas a la salud de la población y al ambiente.

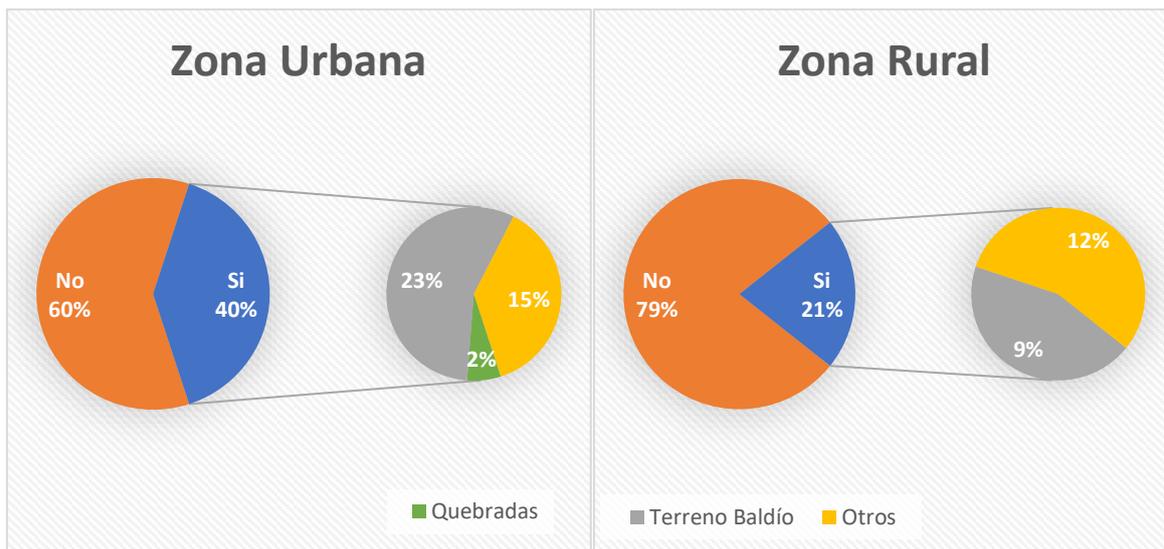


Figura 39: Existencia de basurales en el cantón

Con respecto al lugar de disposición final de residuos, en la Figura 40 se muestra que el 80 % y 57 % de encuestados tanto de la zona urbana como rural no tienen conocimiento del lugar al cual van a para sus residuos y solo un 20 % y 43 % respectivamente conoce que el lugar es el botadero que se encuentra en la vía a las Playas. Esto nos indica que se debe realizar una concientización a la población sobre temas relacionados al manejo de residuos sólidos y cuál es su disposición final, debido a que la mayor parte de encuestados no están dispuestos a aceptar la construcción de un relleno sanitario o cualquier otra técnica de disposición final en el cantón, por motivos que cualquier técnica contamina y genera incomodidad sobre todo a las personas que se encuentran cerca de estos proyectos.

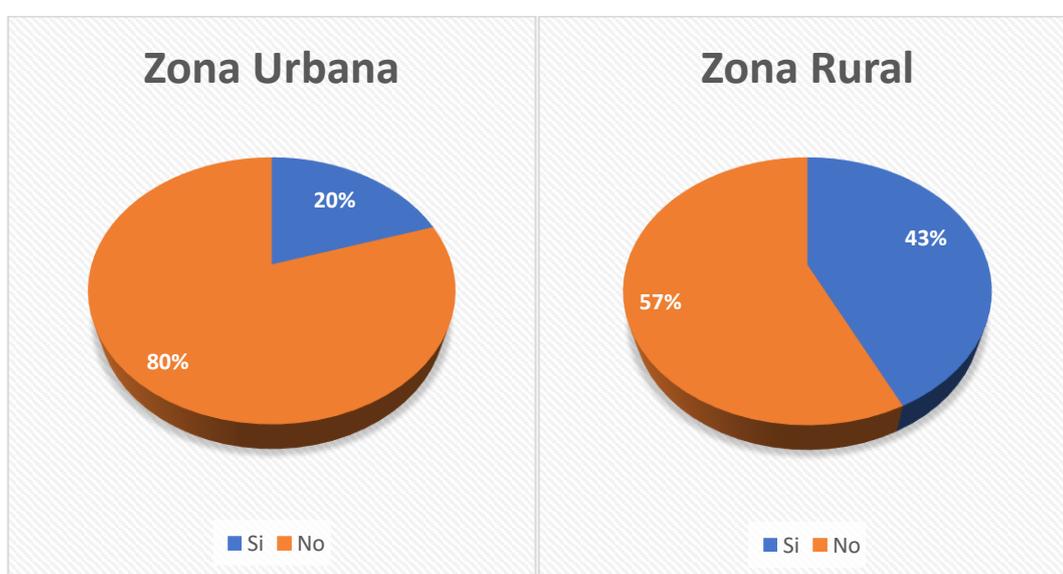


Figura 40: Conocimiento del lugar de disposición final de residuos

- **Sector comercial**

En la Figura 41 se presenta la separación de residuos en los comercios con un 76 % de separación en la fuente, principalmente de residuos reciclables, en cambio el 24 % que no realiza separación es debido a que la municipalidad carece de un sistema de separación. Del 58 % de residuos reciclables existe una mayor separación del plástico y el cartón, debido a que los productos que venden vienen en esos envases y se facilita la separación, esto se evidencia en la Figura 42.

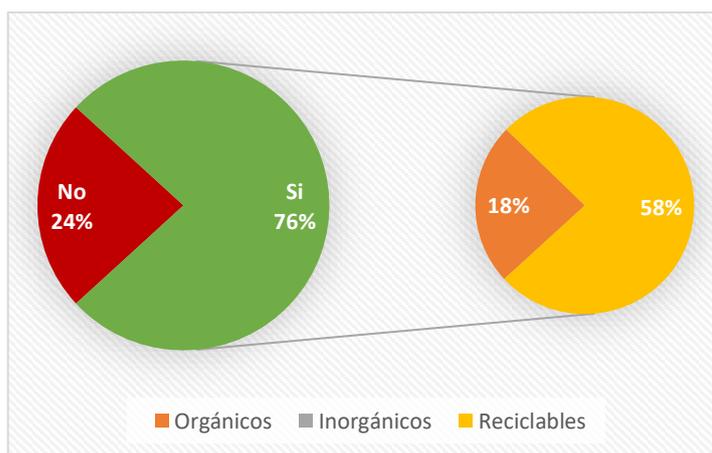


Figura 41: Separación de residuos en los comercios

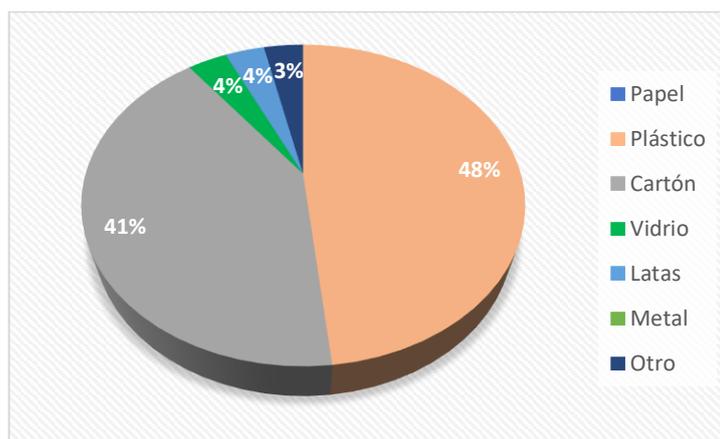


Figura 42: Material que se recicla

Del porcentaje de encuestados que no separan los residuos, las razones son el tiempo que se requiere en un 45 %, no tiene un conocimiento sobre el tema el 33 %, es considerado muy trabajoso el 11 % y otras razones como la no existencia de un sistema de clasificación en un 11 % esto se presenta en la Figura 43. Esto nos indica que a la población le hace falta informarse sobre la importancia y los beneficios que puede traer una adecuada separación de los residuos en la fuente.

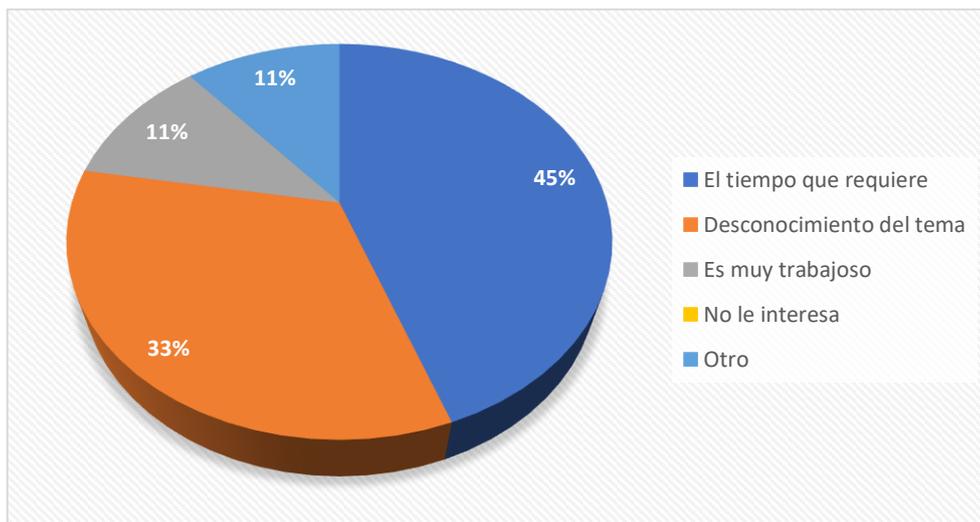


Figura 43: Razones por las cuales no separan los residuos en los comercios

El 100 % de encuestados están dispuestos a colaborar en programas de separación en la fuente, siempre y cuando la municipalidad también ponga de su parte y coloque recipientes para poder realizar esta actividad o que ponga un sistema adecuado de manejo de residuos. Esto nos quiere decir que para que se pueda plantear un programa de reciclaje es necesario concientizar a la población y que la municipalidad ponga las condiciones necesarias para separar los residuos. En la Figura 44 se aprecia la disposición de los residuos cuando el recolector no pasa y el 79 % de encuestados manifestaron que guardan los residuos, esto cuando los locales son pequeños y no generan tanta basura, también depositan en los tachos grandes de color verde.

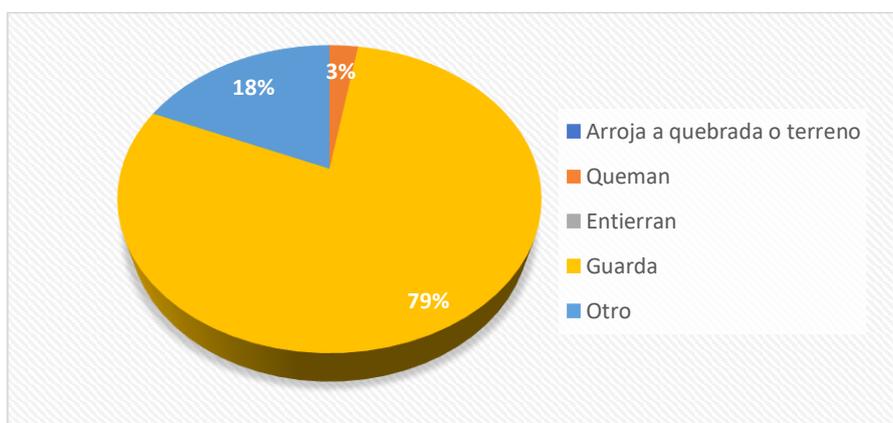


Figura 44: Disposición de los residuos cuando no pasa el recolector

Dentro de la frecuencia de entrega de residuos al recolector, el 42 % de encuestados la entregan 3 veces a la semana, el 32 % 1 vez a la semana, el 18 % 2 veces a la semana y el 8% la entregan 1 vez al día, esto se debe a que los locales son pequeños y no generan tantos

residuos además muchos locales reciclan los envases de los productos es el caso del cartón y el plástico esto se presenta en la Figura 45.

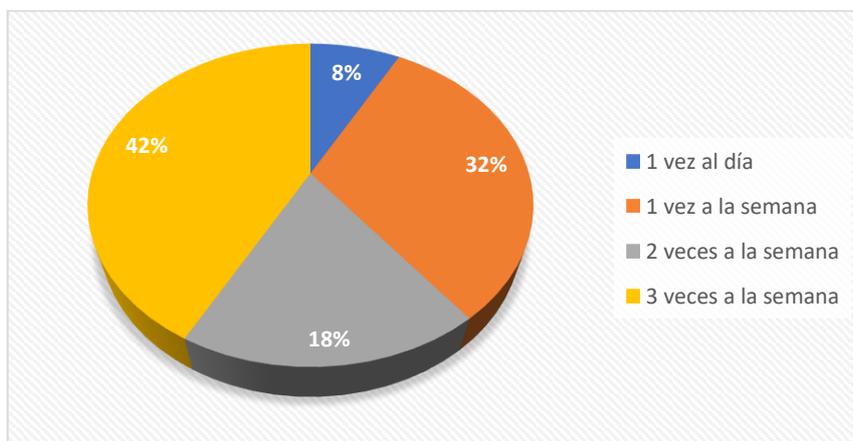


Figura 45: Frecuencia de recolección

En el tratamiento de residuos, se presenta en la Figura 46, que un alto porcentaje de encuestados conocen sobre el reciclaje en un 82 % y el compostaje en un 71 %, además que les gustaría aprender muchas cosas más sobre estos temas para poner en práctica y reducir la contaminación que se genera por los residuos, el 29 % que no quiere informarse es debido al tiempo, y que no existe un sistema adecuado para poner empeño en estos temas.

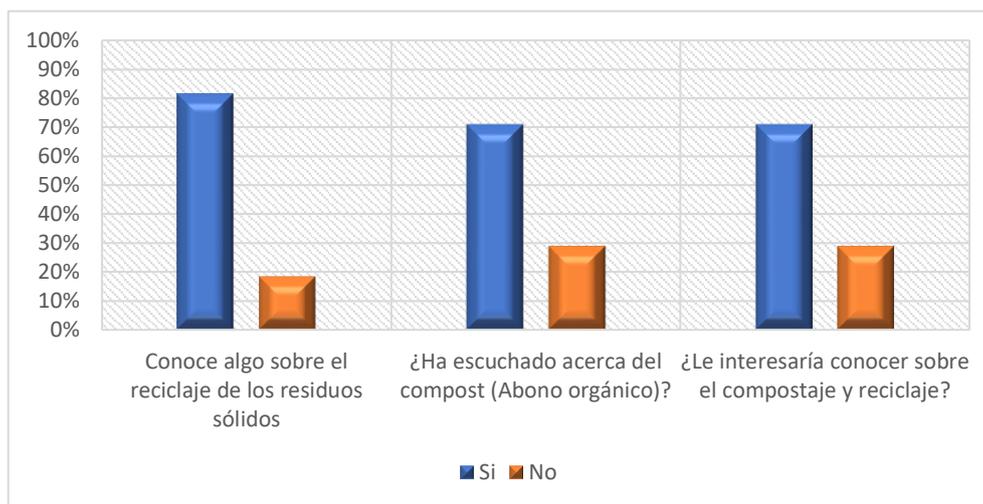


Figura 46: Tratamiento de residuos

Todos los encuestados del sector comercial coinciden que la mala gestión de los residuos puede producir enfermedades, además de afectar al ambiente y mucho más si no existe una adecuada disposición final. En la Figura 47 se muestra que el 55 % no conoce el lugar en el cual se depositan los residuos, del 45 % que, si conoce el lugar de disposición final,

manifiestan que no existe un adecuado manejo y puede provocar un fuerte impacto negativo a toda la población en especial a los que viven cerca.

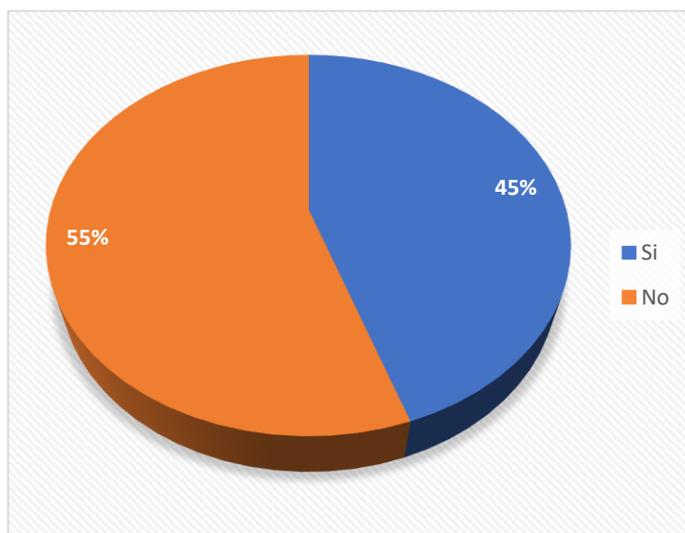


Figura 47: Lugar de disposición de residuos

Entre los problemas que existe por el manejo de residuos que se presenta en la Figura 48, en el sector comercial está la proliferación de moscas y animales en un 26 % sobre todo en locales que venden carne y sus derivados y locales de fruta, en un 18 % está la generación de baterías y otros residuos contaminantes, en un 3 % está el mal olor igualmente por los locales de fruta cuando esta se descompone y en la mayoría de comercios no existe ningún problema en un 53 %, esto se debe a que cada comerciante realiza la limpieza de las aceras por su cuenta y no arrojan residuos que se pueden degradar fácilmente.

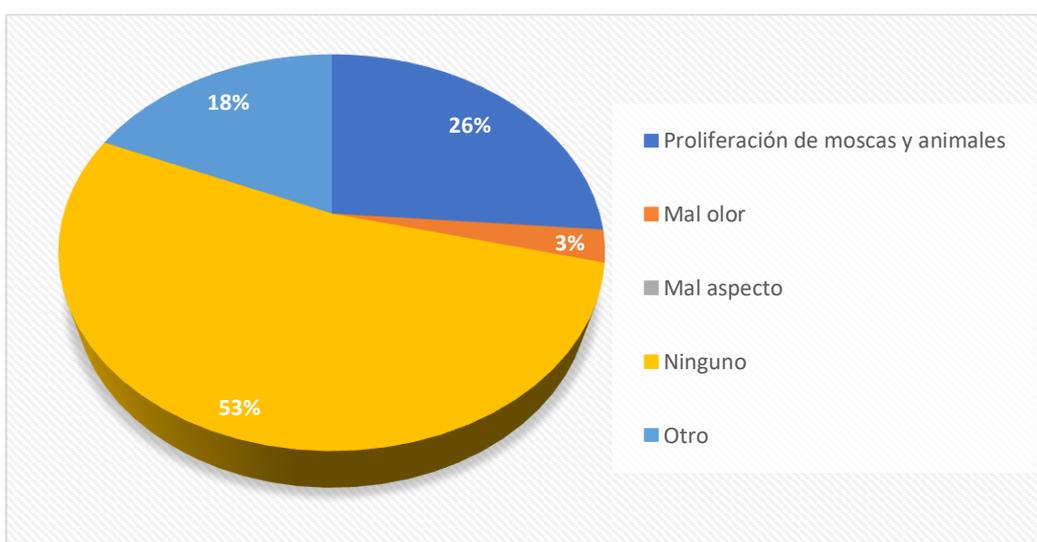


Figura 48: Problemas que existen en el manejo de los residuos en los comercios

Sector Industrial

Dentro de las industrias en la Figura 49 se muestra que los encuestados no separan los residuos en su mayoría por el tiempo que se requiere en un 25 %, desconocimiento del tema el 19 % y en menor cantidad debido a que esta actividad es muy trabajosa en un 6 % y porque no existe un sistema adecuado de separación en la fuente de residuos en un 6 %.

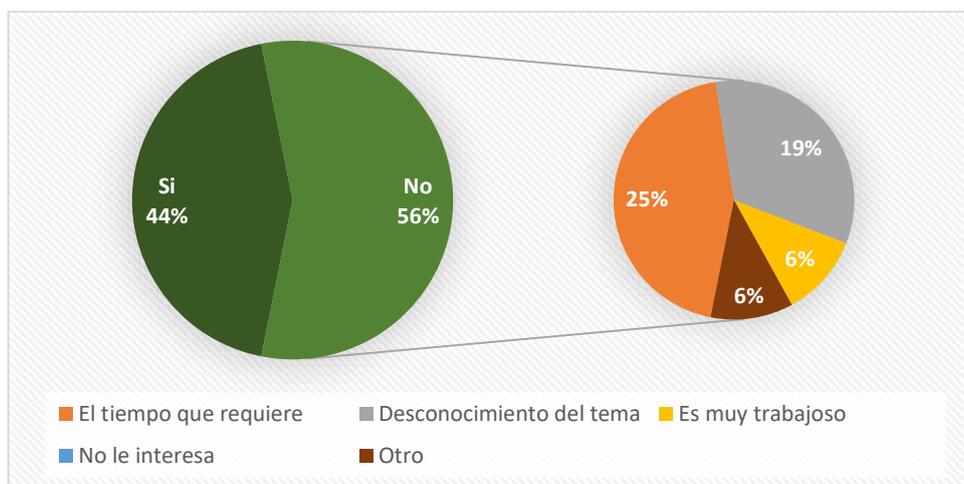


Figura 49: Razones para no separar los residuos en las industrias

Del 44 % de encuestados que separan sus residuos lo hacen en un 43 % tanto los orgánicos y reciclables, en un 14 % los inorgánicos. Los que realizan reciclaje, recuperan cartón en un 43 %, seguido del plástico con un 29 % y con un 14 % de latas y vidrio que son vendidos a sitios de reciclaje. Los encuestados que recuperan materia orgánica la utilizan para alimento de animales. Esto se visualiza en las Figuras 50 y 51.

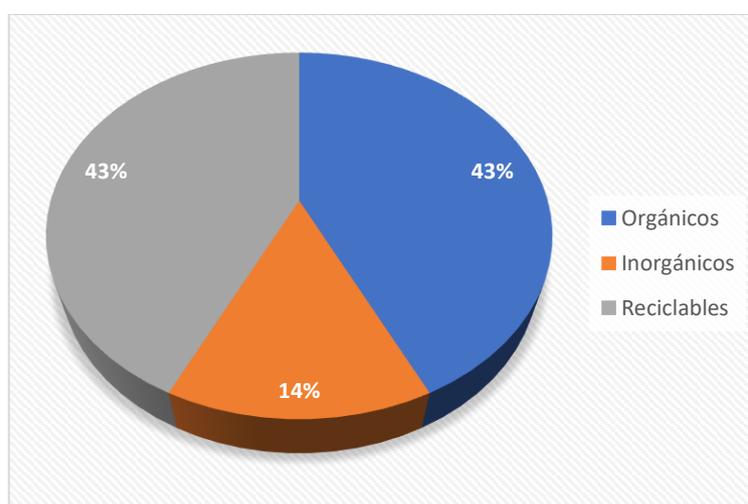


Figura 50: Formas en las que separan los residuos

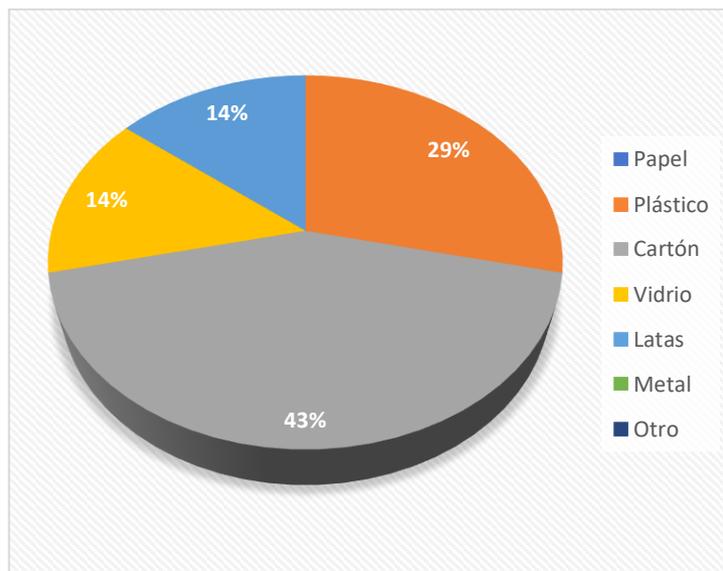


Figura 51: Materiales que reciclan

Con respecto a los recipientes que usan en las diversas industrias de calzado y alimentos encuestadas se tiene que el 66 % son recipientes de plástico, el 13 % son de cartón, el 12 % de metal y el 6 % almacenan en funda esto se debe a que los recipientes de plástico son más económicos y resistentes esto se observa en la Figura 52. En la Figura 53 se aprecia que los residuos que más se arrojan son el cuero esto principalmente en las fábricas de elaboración de calzado con un 50 %, el cartón y el plástico con un 13 %, orgánicos con un 12 % y papel y no aprovechables con un 6 %.

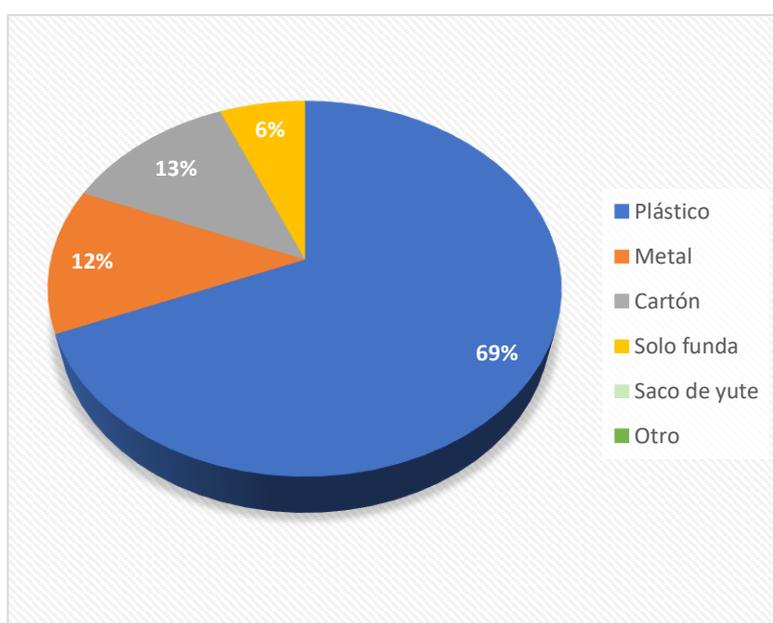


Figura 52: Recipientes para almacenar los residuos

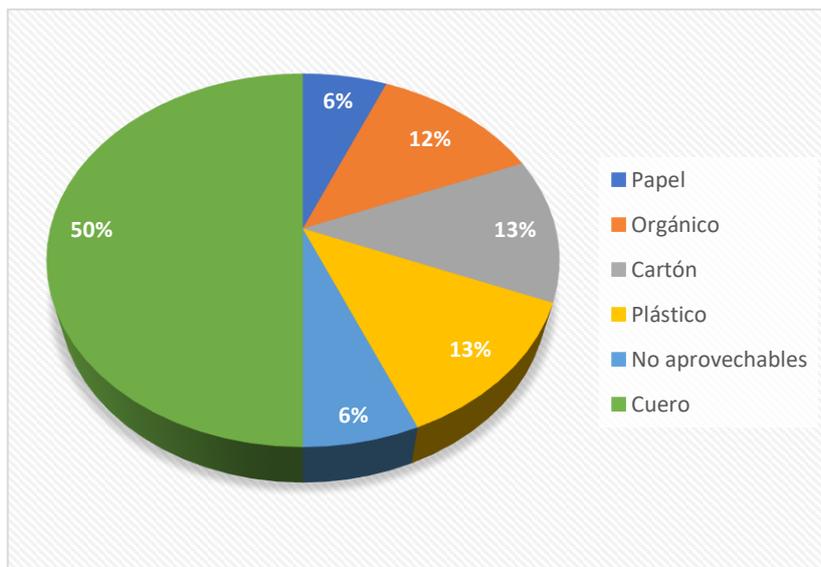


Figura 53: Tipo de material que arroja con más frecuencia

De las industrias encuestadas el 100 % están dispuestas a colaborar en programas de separación en la fuente, siempre y cuando exista apoyo de la municipalidad en cuanto a la entrega de recipientes y capacitaciones referentes al tema. En el proceso de recolección el 100 % de encuestados recibe este servicio, cuando el recolector no pasa a recoger los residuos el 87 % los guarda y el 13 % los va a dejar en los contenedores grandes, esto se aprecia en la Figura 54.

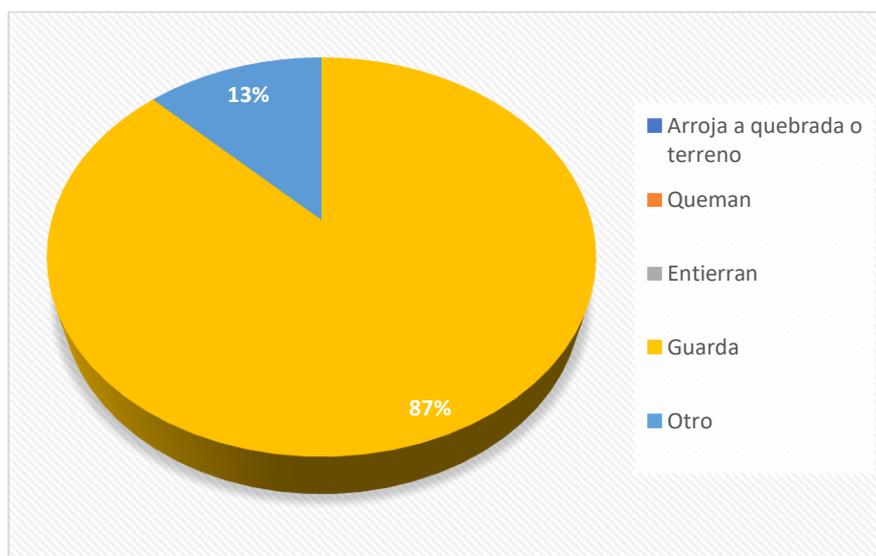


Figura 54: Disposición de los residuos cuando no pasa el recolector

En la Figura 55 se muestra que la frecuencia de entrega de los residuos es de un 56 % lo realizan 3 veces a la semana, el 25 % 1 vez al día, el 13 % 1 vez a la semana y el 6 % 2 veces a la semana esto se debe a que existe una gran cantidad de residuos que salen de las fábricas.

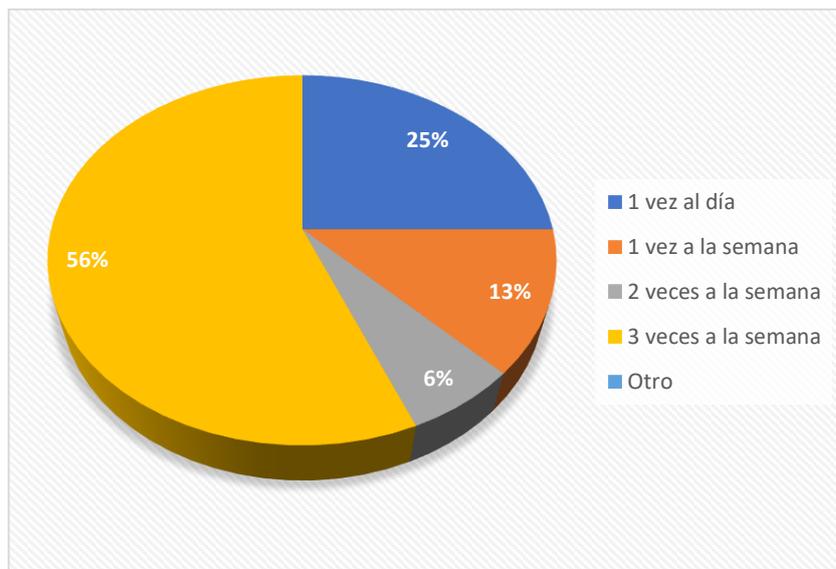


Figura 55: Frecuencia de entrega de residuos

La Figura 56 muestra el resultados sobre el tratamiento de residuos, en el cual el 69 % de encuestados conocen sobre el reciclaje y el 44 % conocen sobre el compostaje, además el 75 % están interesados en conocer más sobre estos temas, el 25 % que no quiere informarse es debido al limitado tiempo, y que no existe un sistema adecuado para poner empeño en estos temas.

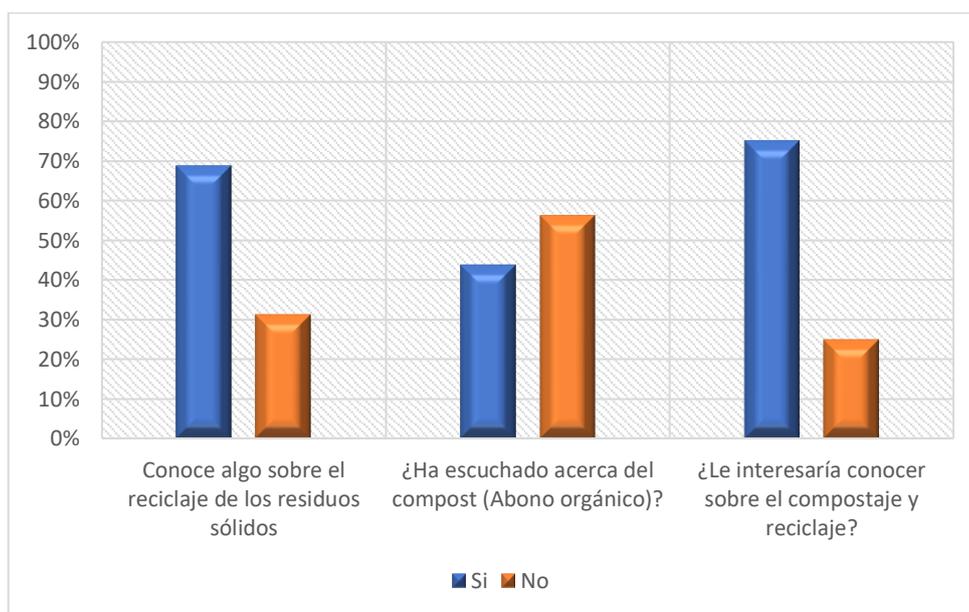


Figura 56: Tratamiento de residuos

Con respecto al conocimiento del lugar de disposición final de los residuos mostrado en la Figura 57, el 81 % de industrias encuestadas no conocen el lugar de disposición final y solo el 19 % si lo conocen debido a que transitan por el lugar.

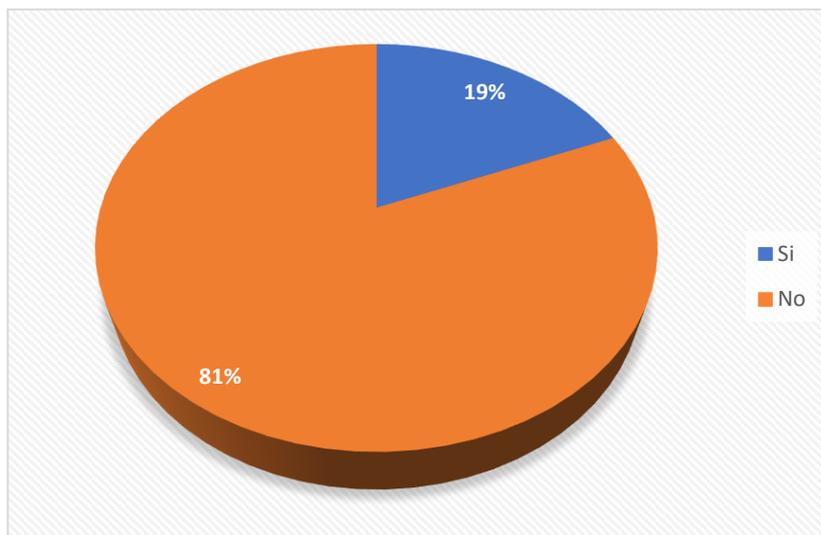


Figura 57: Conocimiento del lugar de disposición de residuos

Los problemas que existen en las industrias en el manejo de residuos es la generación de cuero en las fábricas de calzado en un 63 % en un 12 % que existe la generación de malos olores y en un 25 % no existen problemas debido a que los propietarios realizan una limpieza adecuada. Esto se aprecia en la Figura 58.

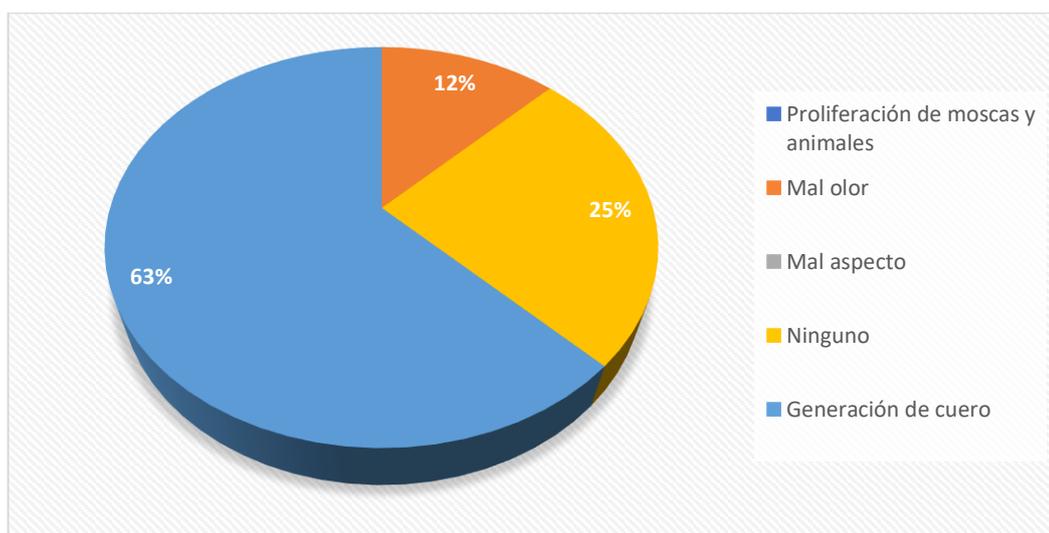


Figura 58: Problemas que existen en el manejo de los residuos en los comercios

- **Centro de acopio y comercialización de Cevallos**

En la Figura 59 se muestra que en el mercado municipal el 80 % de encuestados no separa los residuos debidos principalmente al desconocimiento del tema en un 57 %, el tiempo que requiere en 17 % y en un 6 % porque es muy trabajoso y es más fácil depositar todos los residuos todo acumulados. Del 20 % que separa los residuos lo realizan en un 37 % los orgánicos, 36 % inorgánicos y reciclables en 27 % de los cuales separan en mayor cantidad plástico y cartón, como se visualiza en la Figura 60.

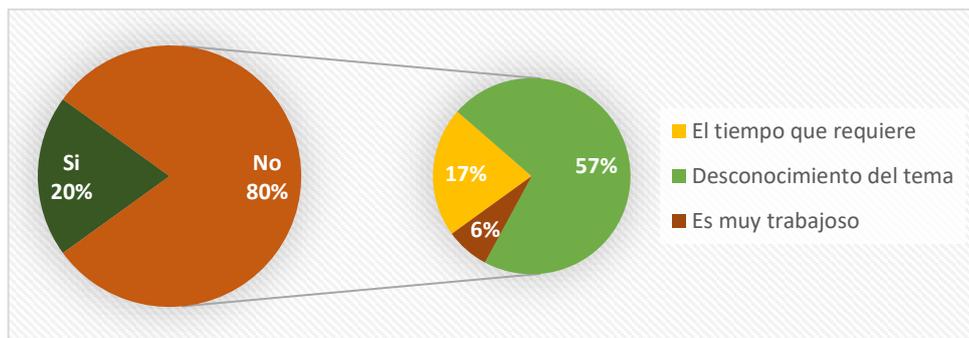


Figura 59: Separación de residuos en el mercado

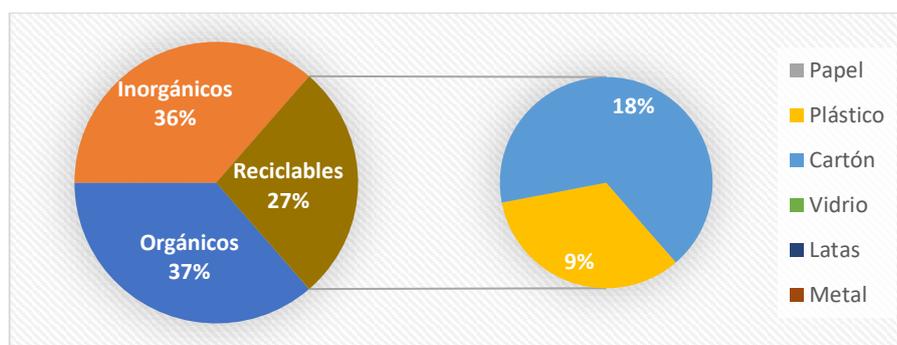


Figura 60: Cómo separa los residuos reciclables

En el mercado sólo utilizan de 1 a 2 recipientes dentro de cada puesto y posteriormente los depositan en tachos para que sean retirados por el recolector al día siguiente, los recipientes que utilizan son en un 40 % de plástico, en fundas y sacos de yute en 23 % y 14 % recipientes de cartón, debido a que estos son más económicos que otro tipo de recipiente, en la Figura 61 se muestra con más detalle.

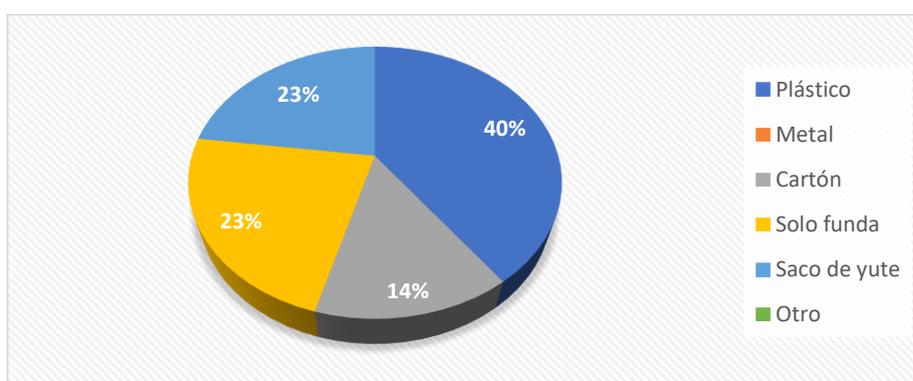


Figura 61: Tipo de recipientes para el almacenamiento de los residuos

En la Figura 62 se muestra que los residuos arrojados con más frecuencia son los orgánicos en un 45 %, plásticos en un 30 %, papel en 12 %, cartón en 8 % y no aprovechables en un 5 % esto nos indica que hay un alto desperdicio de residuos orgánicos y plásticos los cuales pueden ser aprovechados para el compostaje y reciclaje.

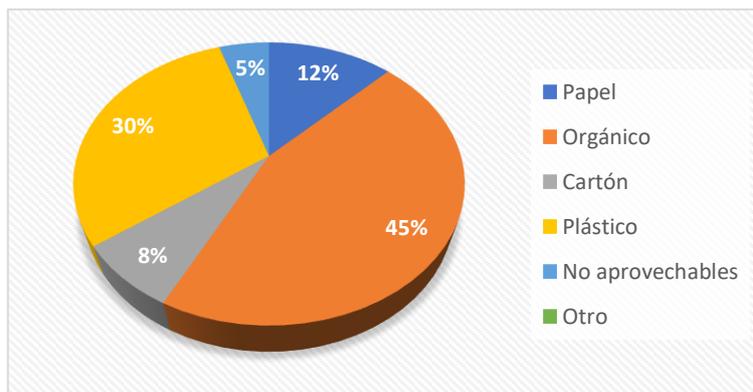


Figura 62: Residuos que se arrojan con más frecuencia

Dentro de los problemas que existe en el manejo de residuos dentro del mercado, están enfocados en el almacenamiento temporal de los residuos, que causas:

- Proliferación de moscas.
- Generación de malos olores en tachos.
- Residuos principalmente orgánicos esparcidos por el piso hasta el día siguiente.
- Mal aspecto en todo el mercado

- **Unidades Educativas**

De las encuestas realizadas a las unidades educativas “Pedro Fermín Cevallos, Madre Gertrudis y Alberto Guerra” el 67 % no separa los residuos, debido a que no tienen puntos ecológicos para separar la basura además que la municipalidad no cuenta con un sistema de separación y el 33 % si separa los residuos como son las botellas de plástico, esto se aprecia en la Figura 63.

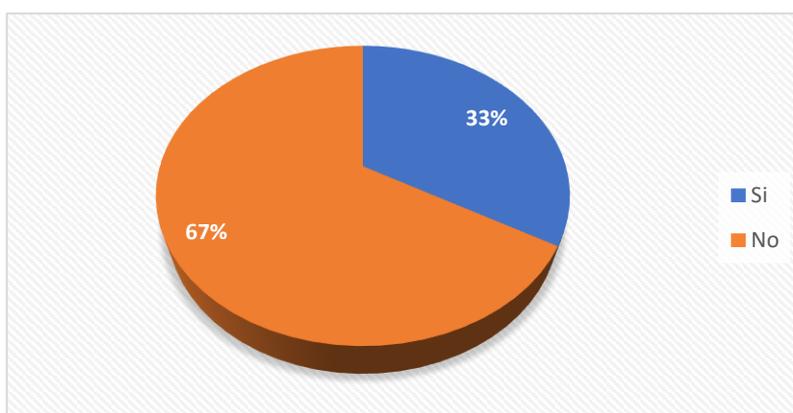


Figura 63: Separación de residuos en las unidades educativas

En la Figura 64 se presenta el tipo de recipiente utilizado para el almacenamiento de los residuos, estos son principalmente de plástico y metal, en las aulas son de plástico, en cambio en el patio son recipientes de plástico y metal de mayor tamaño, aquí existen más de 5 recipientes debido a que en cada aula tiene por lo menos uno. Con respecto a los residuos que se arroja con más frecuencia, el 43 % es de plástico y papel y el 14 % de no aprovechables como se evidencia en la Figura 65.

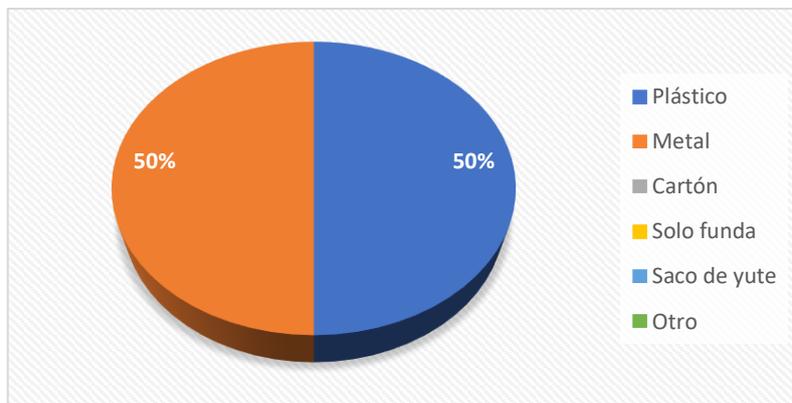


Figura 64: Tipo de recipientes para almacenar los residuos

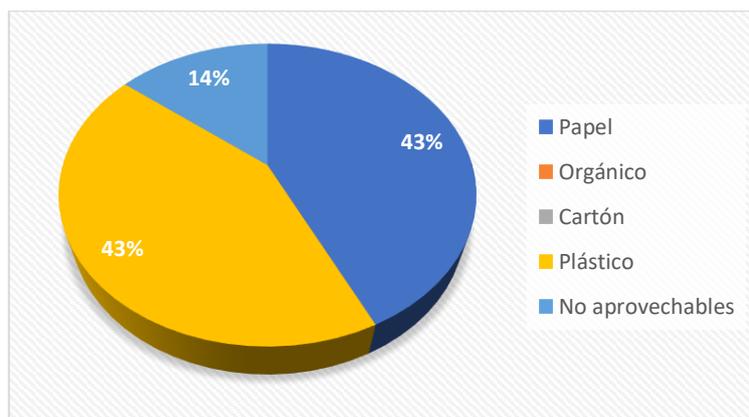


Figura 65: Residuos que se arrojan con más frecuencia

Con respecto al tratamiento de los residuos si existe un amplio conocimiento sobre el compostaje y reciclaje con un 100 %, además nos manifiestas que es importante hacer más campañas de concientización sobre estos temas, especialmente a las instituciones educativas para que desde pequeños conozcan y puedan poner en práctica y así dejar de contaminar el ambiente. Dentro de las unidades educativas si existen actividades orientadas a optimizar el manejo de los residuos, dentro de ellas está la realización de compost, manualidades con material reciclable entre otras.

- **Sector Subcentro de salud**

En el subcentro de salud del cantón Cevallos, tiene una separación de residuos diferenciada, separan los residuos comunes, infecciosos, especiales, y cortopunzantes, en un 25 % cada uno de ellos, esto se aprecia en la Figura 66:

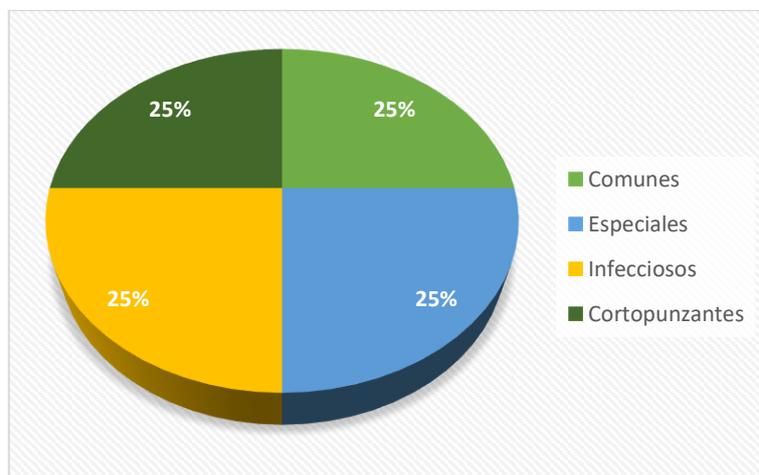


Figura 66: Separación de residuos del subcentro de salud

Los desechos especiales, infecciosos, y cortopunzantes son dispuestos temporalmente en fundas plásticas específicas, posteriormente los retira un gestor ambiental autorizado. En el subcentro de salud existen recipientes para residuos comunes, reciclables y orgánicos, pero al final estos residuos son mezclados y entregados al carro recolector 3 veces a la semana.

5.2 RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

5.2.1 RESULTADOS DE LA VALORACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

En la Tabla 23 se presenta la matriz de identificación de impactos ambientales, aquí se puede observar que las actividades que tienen una influencia negativa se las colocó con signo (-) en cambio las actividades que presentan una influencia positiva se las colocó con un signo (+). Los impactos que predomina son los negativos debido a que existe un total de 60 impactos negativos y 12 impactos positivos. Con respecto a los factores, los que más influencia negativa presentan son: el mal olor, salud y seguridad, en cambio los que poseen una influencia positiva es el empleo. Por otro lado, la fase que presentó un impacto negativo significativo es la disposición final, sobre todo en la descarga de residuos.

Tabla 23:
Matriz de identificación de impactos ambientales

Matriz de identificación de impactos ambientales												
COMPONENTE	SUBCOMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	SEPARACIÓN EN LA FUENTE					DISPOSICIÓN FINAL				
			Sector Domiciliario y Comercial	Sector Industrial	Mercado	Subcentro de Salud	Barrido	Descarga de residuos	Cobertura y compactación de residuos	Generación de gases	Generación de Lixiviados	Barrera Natural
ABIÓTICO	AIRE	Calidad del aire			(-)			(-)	(-)	(-)		(+)
		Malos olores	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)	(+)
		Material particulado						(-)	(-)			
		Generación de ruido		(-)				(-)	(-)			
	AGUA	Agua Subterránea										(-)
		Agua Superficial	(-)	(-)	(-)							(-)
	SUELO	Calidad del suelo						(-)	(-)			(-)
		Erosión							(-)			
		Estabilidad del terreno							(-)			
	BIÓTICO	FLORA	Calidad de la cobertura vegetal						(-)	(-)		
Cantidad de vegetación								(-)	(-)			(+)
FAUNA		Calidad del hábitat						(-)				(+)
		Cantidad de especies						(-)	(-)			(+)
		Proliferación de vectores	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)			
MEDIO SOCIOECONÓMICO	SOCIAL	Calidad de vida y bienestar	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)			(-)		(+)
		Salud y seguridad			(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	
	ECONÓMICO	Empleo						(+)	(+)			
MEDIO ESTÉTICO	PAISAJE	Calidad visual	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)				(+)

En la Tabla 24 se presenta la matriz relacionada a la importancia de impactos ambientales, aquí se muestra los resultados de la evaluación entre las matrices de duración, extensión, y reversibilidad obtenida mediante la ecuación 4.3, en el ANEXO 5 se encuentran los datos de cada matriz. Se puede notar que en la fase de separación en la fuente el impacto que se genera es de poca a media trascendencia y casi ninguna influencia sobre el entorno. En la fase de disposición final no hay impactos de total trascendencia y la influencia sobre el entorno no es totalmente directa debido a que hay valores de 2,5 a 8,8.

Tabla 24:
Matriz de importancia de impacto ambiental

MATRIZ DE IMPORTANCIA DE IMPACTO AMBIENTAL												
COMPONENTE	SUBCOMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	SEPARACIÓN EN LA FUENTE					DISPOSICIÓN FINAL				
			Sector Domiciliario y Comercial	Sector Industrial	Mercado	Subcentro de Salud	Barrido	Descarga de residuos	Cobertura y compactación de residuos	Generación de gases	Generación de Lixiviados	Barrera Natural
ABIÓTICO	AIRE	Gases			3,1			3,4	4	7		8,8
		Malos olores	1	1	4,5	1	1	5,6	3	6	6	4,9
		Material particulado						4,6	4,6			
		Generación de ruido		1,4				2,5	3,1			
	AGUA	Agua Subterránea									6,5	
		Agua Superficial	5	5	5						5,9	
	SUELO	Calidad del suelo						5,3	5,3		6,3	
		Erosión							5,3			
		Estabilidad del terreno							5,3			
	BIÓTICO	FLORA	Calidad de la cobertura vegetal						5,3	5,3		
Cantidad de vegetación								4,3	4,3			4,3
FAUNA		Calidad del hábitat						5,3				6,9
		Cantidad de especies						4,3	4,3			5,9
		Proliferación de vectores	1,9	1,9	3,1	1,9	1,9	6	4,4			
MEDIO SOCIOECONÓMICO	SOCIAL	Calidad de vida y bienestar	1	1	3	1,6	1,6			5		7
		Salud y seguridad			3	2	2	3,4	3,4	5	5	
	ECONÓMICO	Empleo					3	7,5	7,5			
MEDIO ESTÉTICO	PAISAJE	Calidad visual	1,4	1,4	3,5	1,4	1,4	4,4	4,4			8,8

En la Tabla 25 se presenta la matriz de magnitud de impactos ambientales, las magnitudes obtenidas varían entre baja, media y alta en las dos fases estudiadas. Esto nos indica que las actividades que se realizan tienen una influencia sobre las fases evaluadas y el ambiente.

Tabla 25:
Matriz de magnitud de impactos ambientales

MATRIZ DE MAGNITUD DE IMPACTOS AMBIENTALES												
COMPONENTE	SUBCOMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	SEPARACIÓN EN LA FUENTE					DISPOSICIÓN FINAL				
			Sector Domiciliario y Comercial	Sector Industrial	Mercado	Subcentro de Salud	Barrido	Descarga de residuos	Cobertura y compactación de residuos	Generación de gases	Generación de Lixiviados	Barrera Natural
ABIÓTICO	AIRE	Calidad del aire			2,5			1	2,5	7,5		7,5
		Malos olores	1	1	5	1	1	5	5	5	5	7,5
		Material particulado						7,5	7,5			
		Generación de ruido		1				2,5	2,5			
	AGUA	Agua Subterránea									7,5	
		Agua Superficial	5	5	5						7,5	
	SUELO	Calidad del suelo						5	5		5	
		Erosión							5			
		Estabilidad del terreno							5			
	BIÓTICO	FLORA	Calidad de la cobertura vegetal						1	2,5		
Cantidad de vegetación								1	2,5			7,5
FAUNA		Calidad del hábitat						2,5				7,5
		Cantidad de especies						1	1			5
		Proliferación de vectores	1	1	2,5	1	1	7,5	5			
MEDIO SOCIOECONÓMICO	SOCIAL	Calidad de vida y bienestar	1	1	2,5	1	1			7,5		10
		Salud y seguridad			2,5	1	1	2,5	5	7,5	7,5	
	ECONÓMICO	Empleo						7,5	7,5			
MEDIO ESTÉTICO	PAISAJE	Calidad visual	1	1	5	1	1	5	2,5			10

La Figura 67 muestra el resultado sobre la valoración del impacto usando la ecuación 4.2. Se observa que existe un impacto positivo en cuanto a la barrera natural debido a que disminuye los olores, con respecto a los impactos negativos se tiene principalmente en la fase de disposición final en la generación de gases y lixiviados.

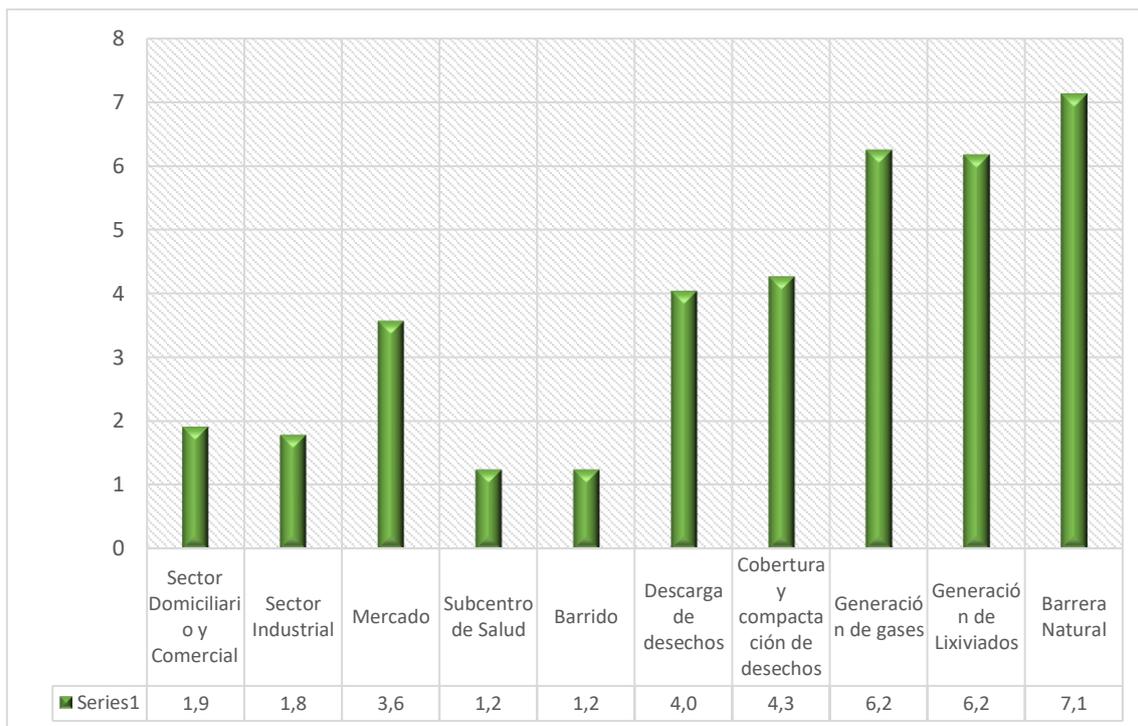


Figura 67: Promedio del cálculo de valoración del impacto

5.2.2 RESULTADOS DE LA CATEGORIZACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Con respecto a la categorización de impactos ambientales se asignó los valores y colores mostrados en la Tabla 26:

Tabla 26:

Valores de la categorización de los impactos ambientales

Categoría	Valor	Color
Altamente Significativo	> 6,5	Rojo
Significativo	4,5 – 6,5	Naranja
Despreciable	<4,5	Amarillo
Benéfico	positivo	Verde

Fuente: (Geovial, 2014)

En la matriz de categorización de impactos ambientales mostrada en la Tabla 27, se muestra que existe un impacto altamente significativo en la descarga de residuos por la proliferación de vectores, la generación de gases que afectan la calidad del aire y la producción de lixiviados que afectan aguas subterráneas y superficiales. La barrera natural es uno de los aspectos que se considera más benéficos para el ambiente, al igual que el empleo en algunos puntos.

Tabla 27:
Matriz de categorización de impactos ambientales

MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES												
COMPONENTE	SUBCOMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	SEPARACIÓN EN LA FUENTE					DISPOSICIÓN FINAL				
			Sector Domiciliario y Comercial	Sector Industrial	Mercado	Subcentro de Salud	Barrido	Descarga de residuos	Cobertura y compactación de residuos	Generación de gases	Generación de Lixiviados	Barrera Natural
ABIÓTICO	AIRE	Calidad del aire			2,8			1,8	3,2	7,2		8,1
		Malos olores	1	1	4,7	1	1	5,3	3,9	5,5	5,5	6
		Material particulado						5,9	5,9			
		Generación de ruido		1				2,5	2,8			
	AGUA	Agua Subterránea									7	
		Agua Superficial	5	5	5						6,6	
	SUELO	Calidad del suelo						5,1	5,1		5,6	
		Erosión							5,1			
		Estabilidad del terreno							5,1			
	BIÓTICO	FLORA	Calidad de la cobertura vegetal						2,3	3,6		
Cantidad de vegetación								2,1	3,3			5,6
FAUNA		Calidad del hábitat						3,6				7,2
		Cantidad de especies						2,1	2,1			5,4
		Proliferación de vectores	1,4	1,4	2,8	1,4	1,4	6,7	4,7			
MEDIO SOCIOECONÓMICO	SOCIAL	Calidad de vida y bienestar	1	1	2,7	1,3	1,3			6,1		8,4
		Salud y seguridad			2,7	1,4	1,4	2,9	4,1	6,1	6,1	
	ECONÓMICO	Empleo						7,5	7,5			
MEDIO ESTÉTICO	PAISAJE	Calidad visual	1,2	1,2	4,2	1,2	1,2	4,7	3,3			9,4

5.3 RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA TASA DE GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES, COMPOSICIÓN Y DENSIDAD

Mediante la ecuación 4.4 se obtuvo la generación diaria de los residuos, la Tabla 28 presenta los resultados del día de recolección y el valor aproximado que se genera el cual es de 6,643 ton/día o 6.643 kg/día y esto está acorde con las 6 ton/día más o menos de los dos viajes que se realizan al botadero municipal.

Ejemplo de cálculo para la eficiencia de 58%

$$\text{Cantidad de residuos} = \frac{7\text{ton} * 58\%}{100\%} = 4.06 \text{ ton}$$

Tabla 28:

Cantidad de residuos generados al día

Días de recolección	Eficiencia %		Toneladas		
	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Total del día
Lunes	58	43	4,06	3,01	7,07
Martes	57	43	3,99	3,01	7
Miércoles	57	43	3,99	3,01	7
Viernes	60	45	4,20	3,15	7,35
Sábado	25		1,75		1,75
Cantidad de residuos	51,40	43,50	3,598	3,045	6,643

Fuente: (GADM Cevallos, 2021)

Para la obtención del porcentaje sobre la generación de residuos en cada sector se usó la ecuación 4.5 con los valores del estudio realizado en el año 2014.

Ejemplo de cálculo:

$$\text{Porcentajes } \%_{\text{por sector}} = \frac{1.558,66 \frac{\text{kg}}{\text{día}} * 100\%}{6.113,23 \frac{\text{kg}}{\text{día}}} = 25,49\%$$

$$\text{Porcentajes } \%_{\text{por sector}} = \frac{6,113,23 \frac{\text{kg}}{\text{día}} * 100\%}{6.551,70 \frac{\text{kg}}{\text{día}}} = 93,31\%$$

La Tabla 29 muestra los porcentajes obtenidos para cada sector.

Tabla 29:

Obtención de porcentajes de la generación de residuos

Sector	Generación Total (kg/día)			Generación en (%)		
	Urbano	Rural	Total	Urbano	Rural	Total
Domiciliar	1.558,66	4.554,58	6.113,23	25,49	74,50	93,31
Comercial	89,25	32,53	121,78	73,29	26,71	1,86
Industrial	5,33	23,00	28,33	18,82	81,18	0,43
Educativo	15,52	5,33	20,85	74,43	25,57	0,32
Centro de salud	6,37		6,37	100		0,10
Plazas y Mercados	252,40		252,40	100		3,85
Barrido	8,73		8,73	100		0,13
Total del Cantón	6.551,70			100		

Fuente: (ASTEC-IHS, 2014)

Para la obtención de la generación total diaria del año 2021 se procedió a realizar los cálculos con los porcentajes obtenidos y la cantidad de residuos que se depositan actualmente utilizando la ecuación 4.6:

Ejemplo de cálculo:

$$Generación\ de\ residuos_{por\ sector} = \frac{6.643 \frac{kg}{día} * 93,31\%}{100\%}$$

$$Generación\ de\ residuos_{por\ sector} = 6.198,40 \frac{kg}{día}$$

$$Generación\ de\ residuos_{por\ sector} = \frac{6.198,40 \frac{kg}{día} * 25,49\%}{100\%}$$

$$Generación\ de\ residuos_{por\ sector} = 1.580,38 \frac{kg}{día}$$

El sector con una generación alta de residuos es el domiciliario con 6.198,42 kg/día, seguido de plazas y mercados con 255,9 kg/día, en menor cantidad los otros sectores, todos los valores se encuentran en la Tabla 30.

Tabla 30:
Generación Total Diaria por Sector

Producción de residuos sólidos en el Cantón Cevallos			
Sector	Generación Total (kg/día)		
	Urbano	Rural	Total
Domiciliar	1.580,38	4.618,04	6.198,42
Comercial	90,49	32.986	123,48
Industrial	5,41	23.321	28,73
Educativo	15,74	5.407	21,14
Centro de Salud	6,46		6,46
Plazas y Mercados	255,92		255,90
Barrido	8,86		8,96
Total del Cantón	6.643		

5.3.1 RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PER CÁPITA (PPC)

Con la ecuación 4.7 se obtuvo los valores de la PPC de cada sector, los sectores: comercial, industrial, educativo, hospitalario y plazas y mercados se le hizo un promedio posteriormente el promedio de estos sectores se sumó con el domiciliar para obtener el total de la PPC que se genera en el cantón. Para obtener el valor de la población actual se usó la ecuación 4.9. Los resultados que se obtuvieron son presentados en la Tabla 31.

Ejemplo de cálculo para el sector domiciliar

$$P_{2021} = 8.163 \text{ hab} (1 + 0,015)^{11} = 9.616 \text{ hab}$$

$$PPC_{DOM-2021} = \frac{6.198,4 \frac{kg}{día}}{9.616 \text{ hab}} = 0,64 \frac{kg}{hab * día}$$

$$PPC_{TOTAL-2021} = 0,64 \frac{kg}{hab * día} + 0,01 \frac{kg}{hab * día} = 0,65 \frac{kg}{hab * día}$$

Tabla 31:
Producción Per Cápita

Sector	PPC kg/hab*día	
Domiciliar	0.64	0,64
Comercial	0.0128	0,01
Industrial	0.0030	
Educativo	0.0022	
Centro de salud	0.0007	
Plazas y Mercados	0.0266	
Total del Cantón	0,65	

En la Tabla 32 se presenta la producción per cápita de Latino América y el Caribe del año 2010. El cantón Cevallos se encuentra en el rango de microciudades debido a que tiene una población menor a 15.000 habitantes y su PPC total debería tener un valor alrededor de 0,54 *kg/hab * día* (Tello Espinoza et al., 2011). El valor resultante de PPC total para el cantón Cevallos es de 0,65 *kg/hab * día*, este valor sobrepasa al establecido para microciudades.

Tabla 32:

Producción per cápita de residuos sólidos de Latino América y el Caribe

PAÍS	MICRO		PEQUEÑO		MEDIANO		GRANDE		MEGA		PAÍS	
	RSD	RSU	RSD	RSU	RSD	RSU	RSD	RSU	RSD	RSU	RSD	RSU
Argentina	0,66	0,92	0,68	1,06	0,8	1,02	0,78	1,41	-	-	0,77	1,15
Bolivia	0,27	0,29	0,4	0,43	0,45	0,48	0,51	0,55	-	-	0,46	0,49
Brasil	0,49	0,87	0,54	0,86	0,66	0,85	0,78	1,31	0,91	1	0,67	1
Chile	0,75	1,28	0,76	1,43	0,8	1,21	0,86	1,12	-	-	0,54	0,62
Colombia	0,41	0,48	0,4	0,55	0,56	0,57	0,59	0,66	0,73	0,82	0,54	0,62
Costa Rica	-	1,21	-	0,75	-	0,89	-	1,2	-	-	-	0,88
Ecuador	0,41	0,54	0,45	0,66	0,59	0,68	0,73	0,85	-	-	0,62	0,71
El Salvador	0,3	0,48	0,42	0,64	0,58	0,94	0,58	1,74	-	-	0,5	0,89
Guatemala	0,36	-	0,42	0,5	0,52	0,62	0,5	0,62	-	-	0,48	0,61
Honduras	0,27	-	0,37	-	0,67	-	0,94	-	-	-	0,61	-
Jamaica	0,6	-	0,64	-	0,83	-	0,95	-	-	-	0,71	-
México	0,32	0,53	0,47	0,78	0,49	0,83	0,75	1,1	0,65	1,34	0,58	0,94
Nicaragua	-	-	0,7	-	0,57	-	1	-	-	-	0,73	-
Panamá	0,46	0,54	0,57	1,11	0,59	0,96	0,5	1,6	-	-	0,55	1,22
Paraguay	0,63	0,72	0,63	0,86	0,72	1,02	0,83	1,28	-	-	0,69	0,94
Perú	0,33	0,53	0,41	0,63	0,51	0,67	0,48	0,85	0,43	0,81	0,47	0,75
Rep. Dom.	-	-	0,9	1	0,75	1,01	0,9	1,2	-	-	0,85	1,1
Uruguay	0,72	0,85	0,67	1,07	0,46	0,81	0,88	1,22	-	-	0,75	1,03
Venezuela	-	0,5	0,77	0,78	0,51	0,75	0,82	1,08	-	-	0,65	0,86
ALC	0,45	0,75	0,53	0,8	0,61	0,84	0,74	1,14	0,73	1,01	0,63	0,93

Fuente: (Tello Espinoza et al., 2011)

5.3.2 RESULTADOS DE LA PROYECCIÓN POBLACIONAL Y DE LA CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS

Para la determinación de la población para los siguientes 10 años se empleó la ecuación 4.9, con una tasa de crecimiento de 1,5% obtenida del plan de Desarrollo Cevallos 2015. Con respecto a la proyección del PPC se utilizó una tasa de crecimiento de 1 % utilizando la ecuación 4.10 y para la generación diaria se multiplicó la proyección por la proyección per

cápita. A continuación, se muestra el ejemplo de cálculo y las proyecciones respectivas para los 10 años futuros en la Tabla 33:

$$P_F = 9.616 \text{ hab} (1 + 0,015)^1 = 9.760 \text{ hab}$$

$$PPC_F = 0,65 \frac{\text{kg}}{\text{hab} * \text{día}} (1 + 0,01)^1 = 0,66 \frac{\text{kg}}{\text{hab} * \text{día}}$$

$$\text{Generación diaria}_{2022} = 9.760 \text{ hab} * 0,66 \frac{\text{kg}}{\text{hab} * \text{día}} = 6.443,65 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Tabla 33:

Proyecciones de generación de residuos en el cantón Cevallos

año	Población (hab)	Producción per cápita ($\frac{\text{kg}}{\text{hab} * \text{día}}$)	Generación Diaria ($\frac{\text{kg}}{\text{día}}$)
2021	9.616	0,65	6.643
2022	9.760	0,66	6.443,65
2023	9.906	0,67	6.605,70
2024	10.055	0,67	6.771,84
2025	10.206	0,68	6.942,15
2026	10.359	0,69	7.116,74
2027	10.514	0,69	7.295,73
2028	10.672	0,70	7.479,22
2029	10.832	0,71	7.667,32
2030	10.994	0,71	7.860,15
2031	11.159	0,72	8.057,84

5.3.3 COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Para la obtención de la composición de los residuos generados, se procedió a determinar el porcentaje mediante la ecuación 4.5 para cada material, los resultados se ven en la Tabla 34.

Ejemplo de cálculo

$$\text{Porcentajes } \%_{\text{por material}} = \frac{2.501,52 \frac{\text{kg}}{\text{día}} * 100\%}{5.500 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}$$

$$\text{Porcentajes } \%_{\text{por material}} = 45,50\%$$

Tabla 34:*Porcentajes de la composición física de los residuos*

Material	Años					Generación en %
	2015	2016	2017	2018	2019	
	Composición física de los residuos (kg/día)					
Orgánicos	2.501,52	2.547,00	2.592,48	2.637,96	2.683,45	45,50
Papel y cartón	520,24	529,70	539,15	548,61	558,07	9,50
PET	94,74	96,46	98,18	99,91	101,63	1,70
Plásticos	225,07	229,16	233,26	237,35	241,44	4,10
Vidrio	27,93	28,44	28,94	29,45	29,96	0,50
Textil	1.288,54	1.311,97	1.335,40	1.358,83	1.382,26	23,40
Pañales	154,98	157,79	160,61	163,43	166,25	2,80
Chatarra	46,82	47,67	48,52	49,38	50,23	0,90
Otros	640,17	651,80	663,44	675,08	686,72	11,60
Total del cantón	5.500	5.600	5.700	5.800	5.900	100

Fuente: (ASTEC-IHS, 2014)

Posteriormente para la obtención de la composición del año 2021 se tomó el total de los sectores exceptuando el sector hospitalario el cual se sacó otros valores según la composición que tiene este sector y se realizó el cálculo con los porcentajes obtenidos en años anteriores para esto se utilizó la ecuación 4.6, esto se muestra en las Tablas 35.

Ejemplo de cálculo:

$$\text{Generación de residuos} = \frac{6.636,54 \frac{\text{kg}}{\text{día}} * 45,5\%}{100\%} = 3.018,44 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Tabla 35:*Composición física de los residuos generados en el cantón Cevallos kg/día*

Material	Composición (kg/día)
Orgánicos	3.018,44
Papel y cartón	627,74
PET	114,31
Plásticos	271,58
Vidrio	33,70
Textil	1.554,82
Pañales	187,00
Chatarra	56,50
Otros	772,45
Total del cantón	6.636,54

Se puede apreciar que existe una gran cantidad de residuos orgánicos esto se asemeja a las encuestas realizadas debido a que el cantón es agrícola, también existe una gran producción de residuos textiles como es el caso del cuero en las fábricas de calzado, todos los porcentajes de composición se visualiza en la Figura 68.

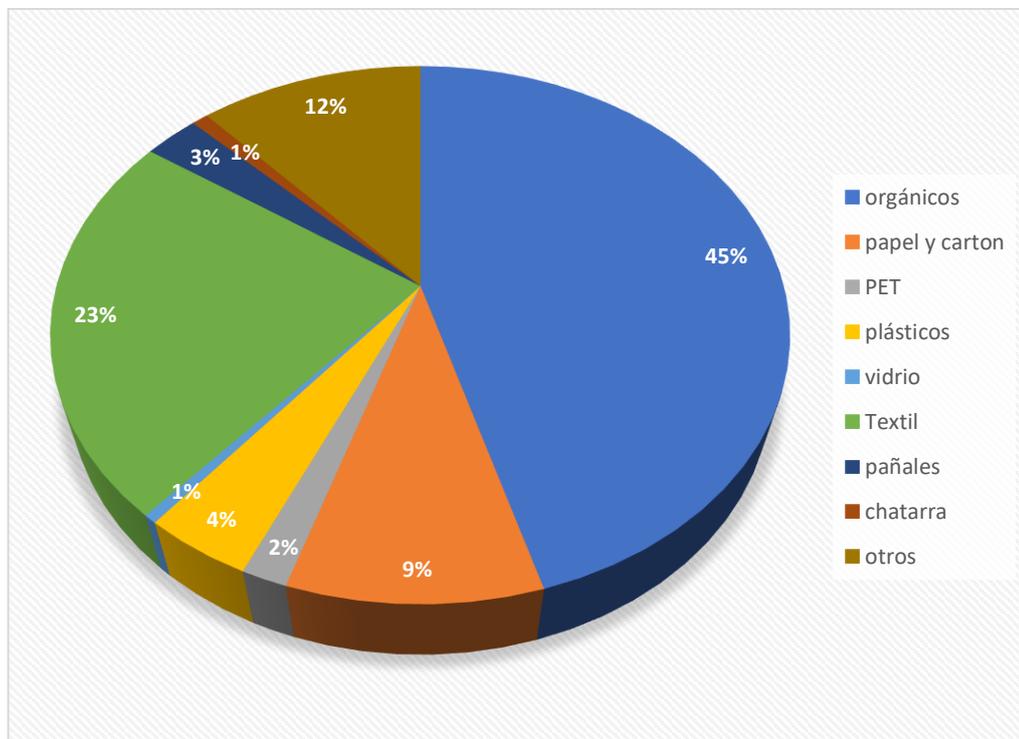


Figura 68: Composición de RSM

Dentro del centro de salud se tiene otra composición de los residuos, aquí se encuentra los ordinarios, infecciosos y cortopunzantes, existiendo una mayor producción de residuos infección debido a las actividades que aquí se realizan, esto se encuentra más detallado en la Tabla 36 y Figura 69.

Tabla 36:
Generación de residuos sólidos segregada en kg/día para el Sector Hospitalario del Cantón Cevallos

Tipo de Residuos	Cantidad (kg/día)
Ordinarios	1,9
Infecciosos	3,7
Corto-punzantes	0,8
Total	6,5

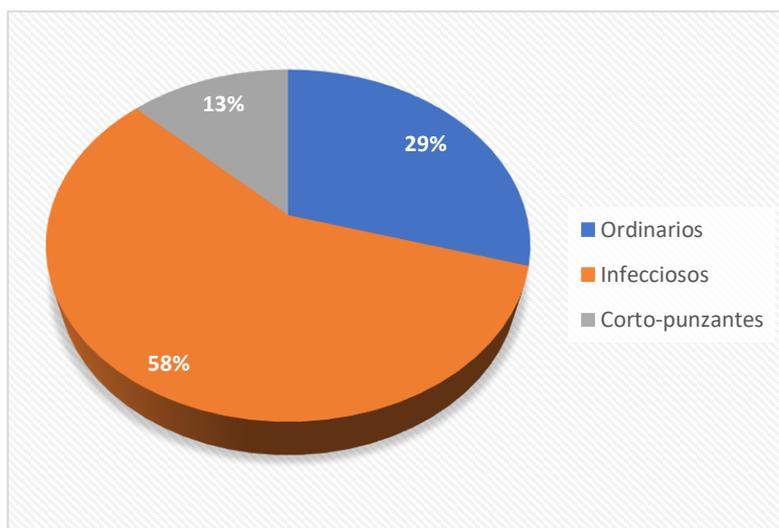


Figura 69: Composición de residuos hospitalarios

5.3.4 DENSIDAD DE LOS RSM

Los valores de densidad son los obtenidos en el “estudio y diseño definitivo para la gestión integral de residuos sólidos de la mancomunidad de Quero, Tisaleo, Mocha, Cevallos realizado en 2014”, debido a que no se realizó un muestreo para el año 2021 y los valores que se obtuvieron no difieren en los valores del 2014. Esto se presenta en la Tabla 37.

Tabla 37:

Densidad de los residuos

Sector	Densidad (kg/m ³)
Domiciliar	95
Comercial	74,9
Industrial	84
Educativo	73,3
Plazas y Mercado	126,2
Barrido	126,4
Promedio	96,6

Fuente: (ASTEC-IHS, 2014)

5.4 RESULTADOS DE LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA LA SEPARACIÓN, TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y DISPOSICIÓN FINAL

Las alternativas que se proponen están enfocadas en las fases de: separación en la fuente, tratamiento de residuos orgánicos y disposición final.

5.4.1 ALTERNATIVA EN LA FASE DE SEPARACIÓN EN LA FUENTE

La fase de separación en la fuente es de gran importancia para el manejo de residuos sólidos, debido a que facilita el reciclaje y el tratamiento de residuos orgánicos y con una buena separación se reduce la cantidad de residuos que van a los lugares de disposición final. Otro punto importante es el lugar de origen en el cual se genera el residuo, mientras más cerca esté su origen se podrá separar de mejor manera y se obtendrá un residuo con menor contaminación esto da un mayor valor al momento de reciclar y una mejor calidad de abono en caso de los residuos orgánicos (Recytrans, 2013b).

5.4.1.1 Socialización en las fuentes generadoras

La socialización en los distintos generadores nos permitirá concientizar sobre los problemas que causan los residuos que tienen una incorrecta separación y disposición final a la salud de las personas y al ambiente, de esa manera exista un buen manejo de residuos. Las fuentes generadoras de residuos a ser capacitadas son:

- Sector Domiciliar

En los domicilios, especialmente la zona urbana el 45 % no realiza una separación por razones como: el tiempo que se requiere y el desconocimiento del tema. En la zona rural en cambio el 17 % no realiza la separación por el tiempo que requiere. Al realizar esta capacitación se mejorará el manejo de los residuos dentro de los hogares teniendo como resultado una adecuada clasificación de los residuos. Además, aumentará el conocimiento de los 55 % y 83 % de encuestados que, si realizaban la separación, mejorando su forma de reciclar.

- Sector Comercial

En los comercios, el 24 % no realiza separación en la fuente, por la falta de tiempo, este porcentaje es poco en relación con el 76 % que si realiza esta actividad principalmente de residuos reciclables como es el plástico y el cartón en donde vienen los productos destinados a la venta. Por lo tanto, si es viable la capacitación, debido a que el porcentaje de encuestados que no separan los residuos en poco, se enseñará técnicas de separación que faciliten el proceso de reciclaje especialmente para quienes no cuentan con tiempo.

- Sector Industrial

Debido que la mayoría de industrias existentes en el cantón son de calzado, las cuales tienen una generación de residuos como retazos de cuero, hilo, esponja y tela, que muchas veces son residuos que no se reciclan, el porcentaje que no separa los residuos es alta con una 56 %, del 44 % que si separa se debe a las industrias de producción de alimentos que principalmente separa residuos orgánicos.

En este sector la capacitación no es eficiente para que exista un aumento de la separación en la fuente debido a la falta de tiempo, por lo tanto hay que darles opciones para que los residuos que se generan puedan ser aprovechados, una opción sería enviar los distintos retazos a fabricar de muebles o peluches para ser rellenos, así convertirlos en aprovechables.

- Mercados

Dentro del centro de acopio y comercialización de Cevallos el 80 % de puestos que fueron encuestados no separa los residuos por desconocimiento del tema en un 57 %, aquí la capacitación no es suficiente para concientizar, adicional se debe promocionar incentivos para que los usuarios se motiven y separen los residuos de una mejor manera, además de colocar puntos ecológicos que faciliten la separación.

- Sector educativo

De las unidades educativas encuestadas, el 67 % no realiza un proceso de separación en la fuente, por eso es necesario realizar capacitaciones a los alumnos sobre como separar los distintos residuos que se generan dentro de las instalaciones, de esa manera se pondrá en práctica en las instituciones y en los hogares. Es importante capacitar a toda la institución para que exista un mayor compromiso, además se debe colocar puntos ecológicos para facilitar la separación de los residuos.

Para la sensibilización es necesario programar talleres en horarios adecuados para los distintos sectores, además de entregar certificados de participación en caso de ser necesario. Los talleres estarán a cargo de personal de la municipalidad del área de gestión ambiental. Para que exista conocimiento de la realización de los talleres es necesario tener publicidad como anuncios en redes sociales, radio, televisión, altoparlantes de cada barrio, entre otros.

Entre los temas que se deben tratar en los talleres son:

- Problemas que ocasionan los residuos sólidos a las personas y al medio ambiente.
- Como realizar una buena separación de residuos en la fuente.
- Que es el reciclaje y cuáles son sus beneficios (materiales que puedo reciclar).
- Que es y cómo realizar compostaje y sus beneficios (Materiales que pueden ser compostados).

5.4.1.2 Programa de reciclaje

De acuerdo a los resultados que se obtuvieron en las encuestas en la parte de reciclaje y los resultados de la PPC, composición física y la densidad, se pretende entregar los horarios y días de recolección de los residuos, se propondrá entregar fundas plásticas de diferente color para la separación en el origen, de esa manera facilitar la recolección de los residuos, también entregar las dimensiones de un centro de acopio y los trabajadores necesarios para la implementación de esta alternativa y un manual de reciclaje.

5.4.1.3 Manual de reciclaje

El manual de reciclaje se pone a disposición de la municipalidad para que sea utilizada con la población para la capacitación, en el cual existirá definiciones sobre el reciclaje, las razones por la cuales se debe reciclar, el material o desperdicio sólidos que se puede reciclar, como reciclar cada material o residuos, entre otros temas. El manual se encuentra en el ANEXO 6.

5.4.1.4 Recolección de material reciclable

Para la recolección de residuos es necesario optar por una recolección selectiva, de esa manera los residuos tendrán un mayor valor económico, se reducirá el uso de vertederos, bajará las emisiones de los gases nocivos y puede mejorar la sostenibilidad. Los residuos serán recogidos por un vehículo provisto por la municipalidad además del personal capacitado y con el adecuado equipo de protección (EPP). Este proceso se realizará una vez a la semana tanto para residuos reciclables como orgánicos, en un horario de 08h00 a 12h00 y 13h00 a 16h00 esto se evidencia en la Tabla 38.

Tabla 38:
Recolección de residuos reciclables y orgánicos

Residuos a recolectarse	Día	Horario	Sector
Reciclables	Lunes	08h00 a 12h00 13h00 a 16h00	Barrios Urbanos, Aire Libre, Tambo Centro, Tambo La Universidad, Querochada, Andignato, El Cristal, La Amistad, Las Playas, Centro De Salud, Los Mirabeles, San Fernando, El Triunfo, El Manantial, La Florida, Nuevos Horizontes, Reina Del Tránsito, Jesús del Gran Poder
Orgánicos	Martes	08h00 a 12h00 13h00 a 16h00	Barrios Urbanos, Aire Libre, Tambo Centro, Tambo La Universidad, Querochada, Andignato, El Cristal, La Amistad, Las Playas, Centro De Salud, Los Mirabeles, San Fernando, El Triunfo, El Manantial, La Florida, Nuevos Horizontes, Reina Del Tránsito, Jesús Del Gran Poder
Reciclables	Miércoles	08h00 a 12h00 13h00 a 16h00	Agua Santa, Los Vinces, Palagua, La Floresta, Santo Domingo, El Rosario, La Unión, José Francisco Arias, El Belén, Bellavista, Corazón De Jesús, El Mirador, San Pedro, Santa Rosa, Cachiguayco
Reciclables	Jueves	15h00 a 16h00	Centro de acopio (mercado)
Orgánicos	Viernes	08h00 a 12h00 13h00 a 16h00	Agua Santa, Los Vinces, Palagua, La Floresta, Santo Domingo, El Rosario, La Unión, José Francisco Arias, El Belén, Bellavista, Corazón De Jesús, El Mirador, San Pedro, Santa Rosa Cachiguayco Plaza de Especies Menores, Estadio de Santa Rosa, Centro de acopio

Para que este sistema funcione es importante que la población tenga conocimiento del tema, antes de iniciar con toda la población se debe hacer un plan piloto con ayuda de la municipalidad para ver fallas y rectificar de esa manera poner en práctica en todo el cantón, además se debe respetar los horarios que se propongan para no confundir ni a la población ni a los trabajadores.

5.4.1.5 Almacenamiento para el material reciclable

Para la clasificación y almacenamiento de los residuos que se pueden reciclar en el cantón Cevallos, se opta por un centro de acopio manual de una sola jornada al día debido a que la cantidad de material reciclable que se recolectan al año es menor a 1500 toneladas (Correal & Laguna, 2018). En cuanto al dimensionamiento del lugar, primero se determinará la tasa de recuperación del material con la fórmula 5.1.

$$TRM = (F_c * F_R * F_p) * 100 \quad (5.1)$$

Donde:

- $TRM = \text{Tasa de recuperación del material (\%)}$
- $F_c = \text{Factor de composición (\%)}$
- $F_R = \text{Factor de recuperación (\%)}$
- $F_p = \text{Factor de participación (\%)}$

Para el factor de composición se utilizan los valores de la composición de residuos en porcentaje que se presenta en la Figura 68, con respecto al factor de recuperación, este no puede ser del 100 % debido a que no todo el material es recuperado, por lo tanto, se usa un valor de 85 %, por último, el factor de participación se lo obtiene de las encuestas realizadas de la parte domiciliar con respecto a si estaría o no de acuerdo que haya una planta de tratamiento y reciclaje de residuos sólidos con un promedio del 82 %. Para la determinación de los residuos que se recuperaran, se multiplica la TRM por el total de residuos generados al día. Esto se presenta en la fórmula 5.2.

$$\text{Cantidad de Residuos} = TRM(\%) * \text{Residuos generados al día} \frac{kg}{\text{día}} \quad (5.2)$$

Ejemplo de cálculo para el papel y cartón

$$TRM = (0,09 * 0,85 * 0,82) * 100 = 6,59 \%$$

$$\text{Cantidad de papel y cartón} = 0,0659 * 6.643 \frac{kg}{\text{día}} = 437,96 \frac{kg}{\text{día}}$$

Tabla 39:

Cantidad recuperada de residuos reciclables

Material reciclable	Porcentaje de factores (%)			Material Recuperable	
	FC	FR	FP	TRM %	Cantidad recuperable (kg/día)
Papel y cartón	9,46	85	82	6,59	437,96
PET	1,72	85	82	1,2	79,76
Plásticos	4,09	85	82	2,85	189,48
Vidrio	0,51	85	82	0,35	23,51
Chatarra	0,85	85	82	0,59	39,42
TOTAL				11,59	770,12

En la Tabla 40 se muestra el dimensionamiento mínimo que debe tener el centro de acopio de material reciclable para el almacenamiento de una semana, si la municipalidad cuenta con

un área mayor es recomendable el uso de esas instalaciones para aumentar el tiempo de almacenamiento o para recibir una mayor cantidad de residuos, para los cálculos se tomó base la cantidad de residuos para el año 2026 esto se presenta en el ANEXO 7.

Tabla 40:

Dimensionamiento del centro de acopio de material reciclables

Volumen que ocuparía los residuos reciclables en el año 2026				
Densidad (kg/m ³)	Cantidad Diaria (kg/día)	Cantidad Semanal (kg/semanal)	Volumen (m ³ /semana)	
96.619	1.183,70	8.285,92	85,76	
Área que ocuparían los residuos reciclables 2026				
Volumen (m ³ /semana)	Altura (m)	Área (m ²)	Ancho (m)	Largo (m)
85,76	2,50	34,30	4.141	8.283,00
Dimensiones aumentando un metro de seguridad				
Altura (m)	Ancho (m)		Largo (m)	
2,50	6		10	

5.4.1.6 Personal del centro de acopio de material reciclable

Para el centro de acopio de material reciclable es necesario tener una determinada cantidad de personal bien capacitado sobre la correcta separación de los residuos, como identificar los distintos tipos de plásticos, entre otros temas que están presentes en el manual. El cálculo de la cantidad de trabajadores necesarios para la separación del material reciclables se utilizó la fórmula 5.3.

$$\# \text{ de trabajadores} = \frac{TC \left(\frac{\text{ton}}{\text{hora}} \right)}{\text{Rendimiento} \left(\frac{\text{ton}}{\text{hora} * \text{trabajador}} \right)} \quad (5.3)$$

Donde:

- $TC = \text{Tasa de carga (ton/hora)}$
- $\text{Rendimiento} = 0,22 \text{ (ton/hora} * \text{trabajador)}$

Para la determinación de la tasa de carga se usó la ecuación 5.4

$$TC = \frac{\text{Peso de material recuperado}}{T_D} \quad (5.4)$$

Donde:

- $T_D = \text{Tiempo disponible (horas/día)}$

Para el cálculo del tiempo disponible se usó la ecuación 5.5

$$T_D = J_T(1 - T_M) \quad (5.5)$$

Donde:

- $J_T = \text{Jornada de trabajo (8 hora/día)}$
- $T_M = \text{Tiempo muerto (0,1 - 0,2)}$

Cálculo para el centro de acopio del cantón Cevallos

$$T_D = 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} (1 - 0,2) = 6,4 \frac{\text{horas}}{\text{día}}$$

$$TC = \frac{770,12 \frac{\text{kg}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ton}}{1000 \text{kg}}}{6,4 \frac{\text{horas}}{\text{día}}} = 0,12 \frac{\text{ton}}{\text{hora}}$$

$$\# \text{ de trabajadores} = \frac{0,12 \frac{\text{ton}}{\text{hora}}}{0,22 \frac{\text{ton}}{\text{hora} * \text{trabajador}}}$$

$$\# \text{ de trabajadores} = 0,547 \text{ trabajador} \approx 1 \text{ trabajador}$$

5.4.1.7 Comercialización de los residuos reciclables

Para la comercialización de los residuos reciclables se gestionará un acuerdo con la recicladora Cevallos que se encuentra a la salida del cantón vía a Ambato frente a la gasolinera para vender estos residuos, aquí se preguntó los valores de cada material y nos supieron manifestar que el precio varía de acuerdo a las características del material, en el caso del plástico este deberá estar separado de acuerdo a su tipo, con respecto al cartón y el papel, el precio va a depender si este está mojado, limpio y correctamente separado. El valor de los residuos irá disminuyendo hasta el punto de no ser receptados si estos se encuentran en malas condiciones. En la Tabla 41 se muestra el valor económico que se daría en una semana según los valores obtenidos de la recicladora.

Tabla 41:*Valor económicos de los residuos reciclables*

Material	Cantidad diaria de residuos reciclables 2021 (kg/semana)	Precio de Venta USD/kg	Valor económico aproximado a la semana (USD/semana)
Papel y Cartón	1.885,06	0,13	245,06
PET	343,28	0,70	240,29
Plásticos	815,53	0,15	122,33
Vidrio	101,20	0,03	3,04
Chatarra	169,65	0,22	37,32
Total			648,04

Elaborado por: Pazmiño, 2021

De los datos obtenidos se observar que a la semana se generará un valor de \$648,04 por la venta de los residuos reciclables, que se puede incrementar si existe un reciclaje más responsable por parte de la población, durante al año se puede obtener un valor aproximado de \$33.698,20, de los cuales \$141.25,04 estarían destinados para los costos de la implementación del proyecto de separación en la fuente que se visualiza en la Tabla 42 con una ganancia al año de \$19.573,16.

Tabla 42:*Costos aproximados en la separación en la fuente*

Descripción	Unidad	Cantidad	USD/unidad	Total mensual (USD)	Total anual (USD)
Capacitaciones					
Talleres teóricos y prácticos	Unidad	2	300,00		600,00
Materiales	Unidad	2	100,00		200,00
Subtotal Capacitaciones					800,00
Transporte					
Recolección	gal	80	2.551,00	204,10	2.448,96
viaje al centro de acopio	gal	40	2.551,00	102,00	1.224,48
Subtotal transporte					3.673,44
Centro de acopio					
Señalética	Unidad	10	4,00		40,00
bascula manual	Unidad	1	400,00		400,00
compactadora manual	Unidad	1	1.490,00		1.490,00
Mesa de clasificación	Unidad	1	100,00		100,00

Prevención y control de incendios	Unidad	2	40,00		80,00
Carretilla manual de carga	Unidad	1	300,00		300,00
Mantenimiento e insumos de maquinaria			100,00	100,00	1.200,00
Mantenimiento del centro de acopio			18,00	18,00	216,00
Subtotal Centro de acopio					3.826,00
Personal de trabajo					
Trabajador		1,00	425,00	425,00	5.100,00
Subtotal personal de trabajo					5.100,00
Equipo de protección personal					
Paquete de mascarillas kn95	Unidad	3,00	1,60	4,80	57,60
Guantes anticorte	Unidad	1,00	10,00	10,00	120,00
Guantes de látex	Unidad	1,00	12,00	12,00	144,00
Fajas lumbares	Unidad	1,00	8,00	8,00	16,00
Overoles	Unidad	2,00	50,00	100,00	200,00
Zapatos de trabajo	Unidad	1,00	48,00	48,00	96,00
Gorra	Unidad	1,00	8,00	8,00	32,00
Gafas de protección	Unidad	1,00	5,00	5,00	60,00
Subtotal EPP					725,60
COSTO TOTAL					14.125,04

5.4.2 ALTERNATIVA EN LA FASE DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS

5.4.2.1 Propuesta de un programa de compostaje

El cantón Cevallos es considerado un cantón agrícola y existe una gran producción de materia orgánica con una producción del 45 % de materia orgánica, es necesario tener una planta de compostaje para el tratamiento de estos residuos (GAD Municipal de Cevallos, 2016).

En un programa de compostaje es importante seguir los siguientes componentes:

- Separación
- Recolección
- Operación
- Utilización

Los procesos de separación, tratamiento y utilización de los residuos orgánicos se pueden hacer a pequeña, mediana o gran escala. En el caso del cantón Cevallos se lo realizará a gran escala debido a que es a nivel municipal, en este caso entran los procesos de recolección de los residuos a ser compostados y distribución del compost ya elaborado (Rodríguez Salinas & Córdova, 2006).

- **Separación**

Para una adecuada separación de residuos orgánicos, se lo debe realizar lo más cercano a la fuente que sea posible, de esa manera los residuos están menos contaminados y el compost será de mayor calidad (Rodríguez Salinas & Córdova, 2006).

Los residuos adecuados para ser compostados son:

- Residuos de poda de árboles, arbustos y parto
- Restos vegetales
- Estiércol con excepción de gatos y perros
- Restos de comida
- Lodos resultantes del tratamiento de aguas residuales

Los residuos no adecuados para ser compostados son:

- Residuos cárnicos
- Residuos de mariscos

Estos residuos generan malos olores al momento de su descomposición, causando molestias a la población (Ecológico, 2020).

- **Recolección**

Para los residuos orgánicos, la recolección se la realizará dos veces a la semana como está indicado en la Tabla 38, de esta manera se podrá abarcar todo el cantón. Este proceso de

recolección está relacionada a la separación debido a que con una buena separación de los residuos la recolección de los mismo será más fácil, debe existir un adecuado transporte con el volumen necesario de recolección, además de un adecuado sistema de rutas de recolección e información adecuada a la comunidad (Rodríguez Salinas & Córdova, 2006).

- **Operación**

El cantón Cevallos no cuenta con un lugar para el tratamiento de residuos orgánicos, debido a esto se planea determinar el dimensionamiento necesario para una planta de compostaje de acuerdo a la generación de residuos en el cantón.

Dimensionamiento de la planta de compost

Para la determinación de residuos orgánicos que se van a tratar, se usará los valores de la producción per cápita del año 2026 que se muestra en la Tabla 33, además de la composición obtenida en la Tabla 34 y la población total de cantón dentro de 5 años. El área de la planta será de 1.620 m² con un ancho de 36 m y largo de 45 m.

$$PPC_{total\ 2026} = 0,69 \frac{kg}{hab * día}$$

$$PPC_{RO} = 0,69 \frac{kg}{hab * día} * 45 \%$$

$$PPC_{RO} = 0,32 \frac{kg}{hab * día}$$

$$Población_{Total\ 2026} = 10.359\ hab$$

$$Producción\ diaria_{RO} = 0,32 \frac{kg}{hab * día} * 10.359\ hab$$

$$Producción\ diaria_{RO} = 3.216,37 \frac{kg}{día}$$

Para la determinación del volumen de la pila se usará la ecuación 5.6 con un valor aproximadamente de 300 kg/m³ de densidad para los residuos orgánicos (Román et al., 2013).

$$D = \frac{W}{V} \quad (5.6)$$

Donde:

- $D = \text{densidad (kg/m}^3\text{)}$
- $W = \text{masa (kg)}$
- $V = \text{volumen (m}^3\text{)}$

$$V = \frac{W}{D} = \frac{3.216,37 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V = \frac{W}{D} = 10,72 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Debido a que se utilizará el método de compostaje en pila es importante fijar una altura, la cual no debe ser máxima a 1,5 m, debido a que se pueden dar condiciones anaeróbicas y no una aireación natural (Röben, 2002).

$$V = A * L \quad (5.7)$$

Donde:

- $V = \text{Volumen de la pila (m}^3\text{)}$
- $A = \text{Área triangular de la pila (m}^2\text{)}$
- $L = \text{Longitud de la pila (m)}$

$$A = \frac{b * h}{2} \quad (5.8)$$

Donde:

- $A = \text{Área triangular de la pila (m}^2\text{)}$
- $b = \text{Ancho de la pila (m)}$
- $h = \text{Altura de la pila (m)}$

$$V = \frac{b * h}{2} * L \quad (5.9)$$

$$L = \frac{2V}{b * h} \quad (5.10)$$

$$L = \frac{2(10,72m^3)}{2,5(m) * 1,3(m)}$$

$$L = 6,6 (m)$$

Se ubicarán 36 pilas en filas, la separación entre filas será de 1m como se observa en la Figura 70

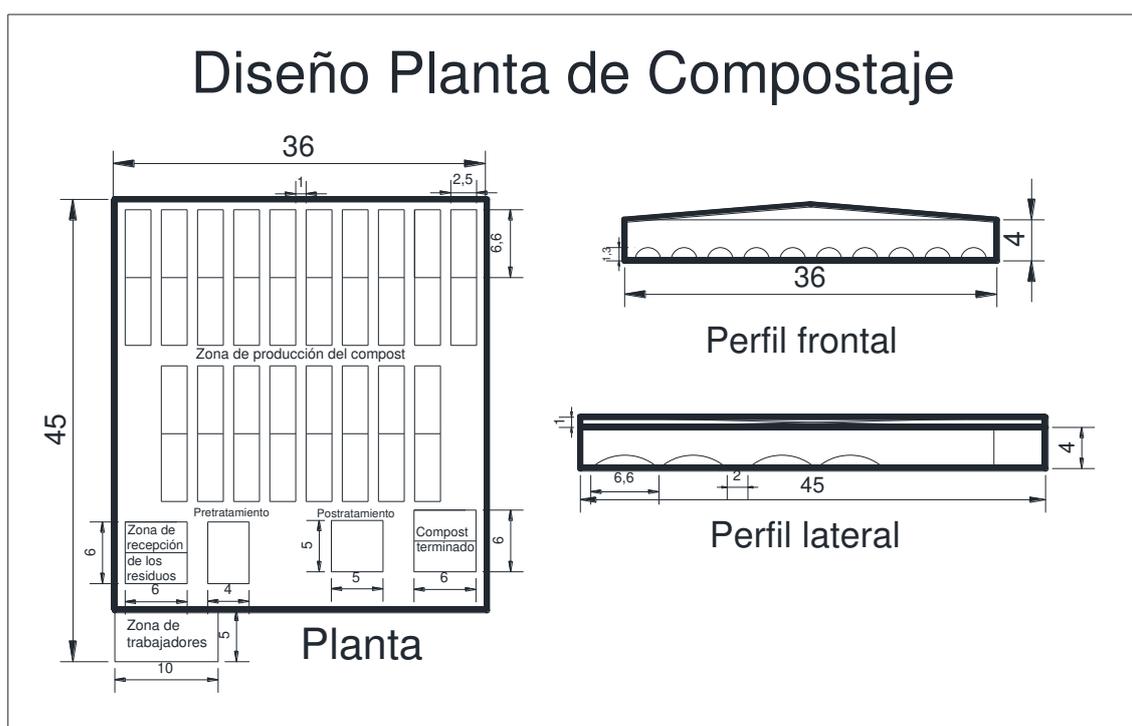


Figura 70: Diseño de planta de compostaje

“Para calcular el número de trabajadores se usarán las ecuaciones (5.3)(5.4)(5.5), considerando un rendimiento del 0,29 ton/hora * trabajador” (Fuentes Taticuán, 2020).

$$T_D = 8 \frac{\text{horas}}{\text{dia}} (1 - 0,2)$$

$$T_D = 6,4 \frac{\text{horas}}{\text{dia}}$$

$$TC = \frac{3.216,37 \frac{\text{kg}}{\text{dia}} * \frac{1\text{ton}}{1.000\text{kg}}}{6,4 \frac{\text{horas}}{\text{dia}}}$$

$$TC = 0,503 \frac{\text{ton}}{\text{hora}}$$

$$\# \text{ de trabajadores} = \frac{0,503 \frac{\text{ton}}{\text{hora}}}{0,29 \frac{\text{ton}}{\text{hora} * \text{trabajador}}}$$

$$\# \text{ de trabajadores} = 1,73 \text{ trabajador} \approx 2 \text{ trabajador}$$

En la planta de compost se realizan las siguientes actividades:

- Recepción de los residuos
- Pretratamiento y mezcla
- Tratamiento
- Postratamiento
- Empacado de abono

Recepción de los residuos

En la recepción de los residuos orgánicos es importante ver cuáles son aquellos que deben ser triturados (ramas, tallos, frutas grandes, cocos entre otros) y cuáles no, los residuos que son adecuados pueden ir directamente a la formación de las pilas de compostaje. Debido a que la generación de residuos orgánicos no va a ser la misma durante todo el año es necesario que exista un lugar de almacenamiento para el tiempo en que exista una mayor generación así estos residuos podrán ser utilizados en las épocas de baja generación (Ecológico, 2020).

Pretratamiento y mezcla

Para el pretratamiento se debe clasificar para que no entren al proceso los residuos no biodegradables, metales, o peligrosos, que pudieron ingresar al momento de desechar estos residuos. Para un mejor compostaje es necesario triturar los residuos de gran tamaño así la biodegradación será más rápida y efectiva, este proceso se puede realizar con molinos trozadores para facilitar el trabajo o se puede usar machetes o martillos (Röben, 2002).

Tratamiento

El compostaje en pilas que se usará es relativamente simple además de económica y la más utilizada. Las pilas se remueven frecuentemente para una adecuada aireación y control de la

humedad, este volteo se lleva a cabo mediante una simple pala cargadora, con la cual se recoge el material y posteriormente se lo suelta para reconstruir las pilas (Rodríguez Salinas & Córdova, 2006).

Para un adecuado compostaje es importante tener algunos factores en cuenta, ya que el clima del cantón Cevallos es generalmente templado frío, el material se debe mantenerse tapado, en un lugar cerrado si es posible en donde le entre la luz del sol, las pilas de compost deben ser grandes para mantener la temperatura interior, cuando exista temperaturas extremadamente bajas no se debe revolver la pila para evitar pérdidas de calor (Giuoggioloni, 2017).

Por lo general el compost tiene una duración de 5 a 6 meses para madurar y ser utilizado, para reducir este tiempo de maduración se usará el activador biológico EMAs (Microorganismos Eficientes Autóctonos) que son cultivos de varios microorganismos de los ecosistemas naturales, estos no son manipulados y al ser cultivados en el mismo ecosistema se incrementa la eficiencia individual de cada organismo, con este proceso los valores de pH, temperatura y humedad son los adecuados y el compost está maduro en 15 semanas (3 meses) disminuyendo el tiempo para ser utilizado (Défaz Visuete & Gualoto Simbaña, 2020). Este método ha sido comprobado en zonas con clima similar al del cantón Cevallos.

Según (Défaz Visuete & Gualoto Simbaña, 2020), para el cultivo de microorganismos eficientes autóctonos en el cantón se debe realizar los siguientes pasos:

- Seleccionar un lugar para la siembra de preferencia con pasto y vegetación natural, que no posea ningún tipo de sembrío.
- Luego de tener el lugar para la siembra seleccionado, se procede a cocinar arroz sin sal (10 kg), mezclar con melaza (10 L) y harina de trigo integral no refinada (10 kg), (la harina con alto contenido de proteína).
- Posteriormente colocar en tarrinas plásticas estriadas y sustituir la tapa por media nylon asegurado con ligas de hule
- En el lugar destinado para la siembra, el suelo debe estar con huecos con profundidad de 20 cm, se entierran los recipientes y se les tapa con hojarasca

- Para la cosecha de los microorganismos se debe esperar 30 días para verificar si han crecido microorganismos, para ello hay que observar si existen varios colores de la mezcla.
- Para la elaboración de la solución madre los organismos cosechados deben ser colocados en un tanque y mezclarlos con melaza (35 L), harina de trigo integral (35 kg) en agua no tratada (100 L), es decir que no contenga cloro.
- Por último, el tanque se debe sellar con un plástico dejando un orificio con una manguera para que los gases salgan
(Défaz Visuete & Gualoto Simbaña, 2020; Fuentes Taticuán, 2020).

En la formación de las pilas, se colocará la materia orgánica en pilas triangulares, formando 2 montones en cada fila según los días de recolección y las dimensiones obtenidas. Para evitar que el mal olor de las pilas se propague y cause problemas se debe cubrir con una capa de 5 a 10 cm de pasto, cuando la vida útil de este material termine se puede añadir al compost, además se debe vaciar las áreas de descarga regularmente por lo menos una vez al día si es necesario (Röben, 2002).

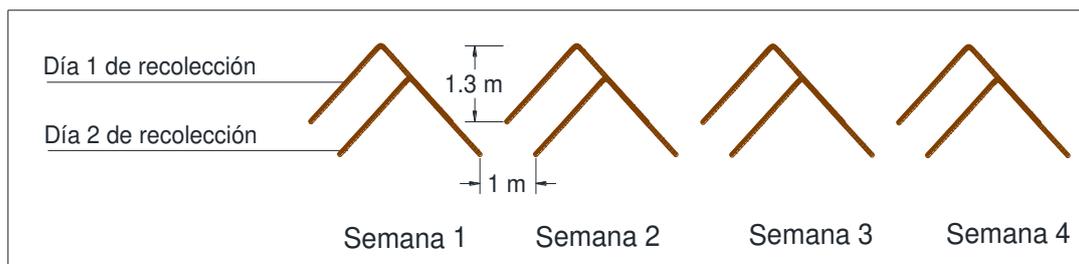


Figura 71: Pilas de compostaje
Fuente: (Röben, 2002)

Para el volteo de las pilas, se debe realizar mínimo una vez a la semana, colocando los residuos de la parte inferior en la parte superior y viceversa, la primera vuelta se realizará a los 15 días después del armado de la pila, para la construcción de la pila se debe realizar una cama de 30 cm a base de ramas pequeñas, paja, aserrín, hojas secas y restos de poda, luego se coloca 30 cm de materia orgánica, posteriormente 3 cm de estiércol sea este de vaca, cuy o caballos, luego la solución madre de EMAs debe ser rociada, para colocar otra capa de 30 cm de residuos y otra de 3 cm de estiércol, nuevamente se coloca la solución EMAs para humedecer, finalmente se coloca residuos orgánicos hasta que la pila tenga la altura adecuada que en este caso es 1.3 m y se irriga con el activador.

Debido a que el peso de la materia orgánica disminuye mientras la biodegradación se realiza, se deberán combinar las pilas que tengan aproximadamente el mismo tiempo y de esa manera el compost maduro no se mezclara con el compost inmaduro (Fuentes Taticuán, 2020). Para el control de la temperatura, pH, humedad, aspecto visual, olor, y saber cuándo se debe hacer el volteo de las pilas de compost se muestra un formato en la Tabla 43:

Tabla 43:
Plantilla de control del proceso de compostaje

Semanas Parámetros	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Temperatura	Referencia											
	15-40°C		40-65°C			15-40°C			~T ambiente			
pH	Referencia											
	4-6		8-9			7-8			6-8			
Humedad	Referencia											
	50-60%		45-55%			30-40%						
Aspecto Visual	Referencia											
												

Fuente: (Fuentes Taticuán, 2020; Román et al., 2013)

Puntos críticos en el proceso de compostaje

Dentro de los puntos críticos que afectan el compostaje en el cantón Cevallos se tiene:

Tabla 44:
Puntos críticos que afectan el compostaje

Operaciones	Punto Crítico	Solución
Degradación	Control de humedad	En temporada húmeda se debe hacer drenaje y en temporada seca dar más humectación
	Control de temperatura	Humectación, aireación y cubrir las pilas
	Control de vectores	Cambiar diseño de pila, humectación y aireación
Aireación	Sellado de los canales de aireación	Disminuir la humectación, aumentar el drenaje, aumentar el tamaño de algunas partículas
	Disminución de la temperatura antes de tiempo	Disminuir el periodo de volteo
Humectación	Escurrimiento de lixiviados	Volteo o perforación de nuevos canales de aireación
	Encharcamiento en la base	Disminución de la humectación y adecuación del drenaje

	Resequedad de la mezcla	Aumento de la humectación, volteo, protección del sol
	Estación seca	Protección del sol por medio de plástico perforado, composta inmadura, materiales de poda o residuos de café en la superficie, aumento de la humectación
	Estación húmeda	Protección de la lluvia con plástico o material de poda, cambiar la pendiente de la pila, adecuación del drenaje
Pasteurización	Clima frío	Proteger con plástico o material de poda del frío
	Temperatura baja	Disminuir la humectación, disminuir el volteo, proteger la pila
	Semillas persistentes en la composta	Secar la composta
Maduración	Residuos orgánicos no degradador	Recircular el material, utilizándolo como biofiltro o protección contra el sol o el frío

Fuente: (Rodríguez Salinas & Córdova, 2006)

Para un adecuado compostaje se tienen que tomar en cuenta las diferentes fases del compostaje esto se presenta en la Tabla 45:

Tabla 45:

Consideraciones de las fases de compostaje

Fase Mesófila o de temperatura media
<ul style="list-style-type: none"> • Los microorganismos crecen y se multiplican consumiendo los residuos rápidamente • Aumenta la temperatura la pila, y presencia de vapor • Emisión de olores • Disminución de pH • Esta fase puede durar entre 2 y 8 días
Fase termófila, de higienización o de alta temperatura
<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura aumenta • Los microorganismos patógenos mueren y aumentan microorganismos que puedan tolerar altas temperaturas • Aumento de pH • Emisión de olores • Puede durar algunos días o llegar a meses
Fase Mesófila 2 de enfriamiento
<ul style="list-style-type: none"> • Baja la temperatura • Existe una disminución del pH • Crecen microorganismos mesófilos • Este proceso dura varias semanas
Fase de maduración
<ul style="list-style-type: none"> • Dura de 3 a 6 mese • Disminuye las emisiones y la frecuencia de volteo o humedecimiento • No requiere un control exhaustivo

Fuente: (Ecológico, 2020)

En la Tabla 46 se aprecia los parámetros de control del proceso de compostaje los cuales deben ser monitoreados periódicamente y si se requiere ser modificados para que estén dentro de los rangos establecidos.

Tabla 46:

Parámetros y rangos ideales en las fases de compostaje

Parámetro	Rango ideal al inicio (25 días)	Rango ideal para compost en la fase termofílica (2-5 semanas)	Rango ideal de compost maduro
C/N	25:1 – 35:1	15/20	10:1 – 15:1
Humedad	50% - 60%	45% - 55%	30% - 40%
Contenido de oxígeno	~10%	~10%	~10%
Tamaño de partícula	< 25 cm	~15 cm	< 1,6 cm
pH	6,5 – 8,0	6 0 – 8,5	6,5 – 8,5
Temperatura	45 – 60°C	45°C – Temperatura ambiente	Temperatura ambiente
Densidad	250 – 400 kg/m ³	<700 kg/m ³	<700 kg/m ³
Materia orgánica (base seca)	50% - 70%	>20%	>20%
Nitrógeno Total (base seca)	2,5 – 3%	1 – 2%	~1%

Fuente: (Román et al., 2013)

Los parámetros mencionados en la Tabla 48, tienen algunas consideraciones y soluciones en caso de que el compost se vea afectado.

Consideraciones de la relación Carbono/Nitrógeno

- Con exceso de carbono la velocidad del proceso de compostaje disminuye y se enfría. Se debe añadir materia rica en nitrógeno hasta conseguir el rango ideal de C/N.
- Con exceso de nitrógeno el proceso se calienta y genera malos olores por la liberación de amoníaco que se produce. Para esto se debe añadir materia rica en carbono como restos de poda, hojas secas, y aserrín.

(Román et al., 2013).

Contenido de humedad

- “Con un bajo porcentaje de humedad el proceso de compostaje se puede detener, se debe agregar material con mayor contenido de agua”.
- “La humedad en exceso dificulta la circulación de oxígeno, provocando la descomposición anaerobia. Para esto se debe añadir materia humedad baja como

papel no reciclable, residuos de parques y jardines, paja, aserrín entre otros también se puede airear la mezcla”.

(Román et al., 2013).

Para saber si la humedad de la mezcla es la adecuada el método más utilizado es el del puño, que consiste en tomar con la mano material de la mezcla y oprimir, si este se encuentra muy seco no habrá escurrimiento de líquido, en cambio si éste es muy húmedo escurrirá más de 3 gotas y en un estado ideal escurrirá de una a dos gotas (Cuervo Andrade, 2014). En la Figura 72 se muestra el método del puño.



Figura 72: Método del puño

Fuente: (Cuervo Andrade, 2014)

Consideraciones del contenido de oxígeno

- Si existe una aireación baja se genera un exceso de humedad provocando que el agua en exceso no se evapore. Se requiere un aumento de volteo en la mezcla.
- Al existir un excedente de aireación, la temperatura tiende a disminuir e incrementa la vaporización de agua provocando menor descomposición. Se debe regular la humedad, aumentando materia fresca rica en agua como residuos de verduras, frutas, entre otros.

(Román et al., 2013).

Consideraciones del tamaño de partícula

- Si el material es grueso se aumenta la aireación bajando la temperatura y disminuyendo la velocidad del proceso, se debe trocear el material demasiado grueso.
- Si el material es demasiado fino se compacta y crea poros pequeños que se llenan de agua disminuyendo el flujo de aire. Se debe voltear la mezcla y añadir materia de mayor tamaño.

(Román et al., 2013).

Consideraciones del pH

- Con pH < 4,5 se tiene un exceso de ácidos orgánicos que provocan una acidificación en la mezcla. Se debe añadir materia rica en nitrógeno.
 - Con pH > 8,5 hay un exceso de nitrógeno creando un medio alcalino. Se debe añadir materia seca con rica en carbono como hojas secas, restos de poda y aserrín.
- (Román et al., 2013).

Consideraciones de la temperatura

- “En un medio con bajas temperaturas disminuye la actividad metabólica de los microorganismos, esto se da por falta de humedad o por un déficit de nitrógeno fundamental para generar enzimas y proteínas. Se debe añadir material con más contenido de agua o con contenido rico en nitrógeno como el estiércol”.
 - “Las altas temperaturas inhiben el proceso de descomposición, debido a que hay una muerte de los microorganismos. Para estabilizar el proceso se debe realizar volteos más constantes y verificar la humedad de medio”.
- (Román et al., 2013).

Postratamiento

Para el postratamiento, el compost cosechado se debe colocar sobre un plástico para que la humedad llegue a 30% con la ayuda de la prueba de puño, luego se pasa por un tamiz para separar el material grueso que no ha sido degradado y ser recirculado al proceso (Cuervo Andrade, 2014). Los tamices usados para la clasificación del abono son de 2 o 3 fracciones, las fracciones estándar del compost se visualizan en la Tabla 47:

Tabla 47:

Clasificación de las fracciones estándar del compost

Fracción	Diámetro de las partículas	Aplicación del compost
Compost fino	<12 mm	Abono, mejoramiento del suelo.
Compost mediano	12 – 25 mm	Abono, mejoramiento del suelo, material de filtros biológicos.
Compost grueso	>25 mm	Material de estructura para mejoramiento del suelo, material de estructura para compostaje, material de cobertura del relleno sanitario, material de relleno para trabajos de construcción o de arquitectura de paisaje.

Fuente: (Röben, 2002)

Esta clasificación se la puede realizar mediante tamices manuales de tambor, si existe una buena eficiencia con el tamiz manual no es necesario utilizar los tamices de tambor a menos que sea para una planta de compostaje grande. En la Figura 73 se muestra un tamiz manual.

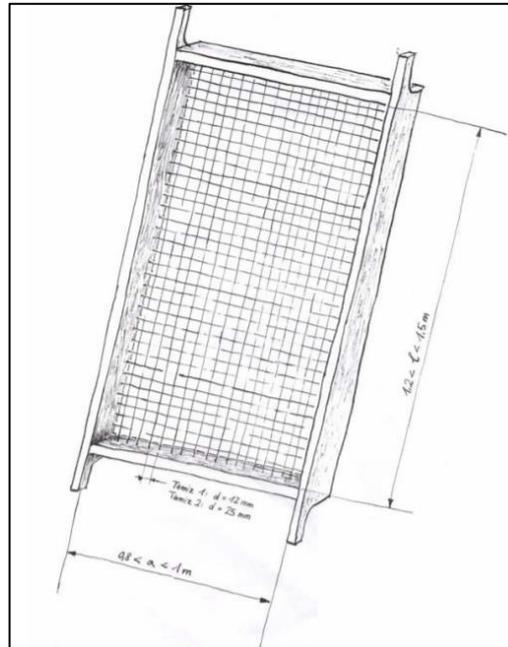


Figura 73: Tamiz manual

Fuente: (Röben, 2002)

Comprobación de compost maduro

Para la comprobación del compost maduro se tiene las siguientes técnicas:

- “El compost de buena calidad se debe desprender fácilmente cuando se los toma en las palmas de las manos”.
- “Se debe analizar el color y aspecto tomando muestras de la pila. Para un compost maduro debe llegar a un tono café oscura o negro, presentar un olor húmedo, pero no mostrar exceso de humedad”.
- “Se debe dividir en 4 parte iguales una pila y tomar 3 muestras de 100 gramos de material compostado de cada parte, colocar en bolsas plásticas y dejarlas por 2 días en un lugar fresco y seco. Si al cabo de este tiempo, aparece hinchada la bolsa, con aire y con condensación de humedad indica que el proceso aún no ha finalizado y el compost aún no está maduro”.
- “Otra técnica es la de introducir un machete o instrumento metálico de aproximadamente 50 cm hacia el centro de la pila. Si después de 10 minutos al retirar

el machete, este está muy caliente, quiere decir que el material aún está en proceso de descomposición, en este caso se debe dejar la pila para que continúe el proceso”.

- “El compost al estar maduro, debe ser capaz de retener su peso en agua, se debe agregar 1 L de agua a 1 kg de compost y debe ser capaz de retenerlo, además si se deja reposar por 24 horas, la temperatura no debe aumentar, caso contrario el compost aún no está listo”.

(Fuentes Taticuán, 2020; Román et al., 2013).

Empacado de abono

Para el empacado del abono se lo realizará en sacos que tengan una buena aireación además que la humedad sea la adecuada y permanezca en un porcentaje de 30 % la cual favorece a la actividad microbiana que garantiza la calidad del compost (Cuervo Andrade, 2014).

- **Utilización**

El compost tiene muchas aplicaciones se lo puede utilizar como abono o tierra humus, en caso del cantón Cevallos se lo usará en los cultivos de la parte rural, parques del cantón, jardines y huertos de las instituciones educativas.

5.4.2.2 Costos del programa de compostaje

Los costos aproximados asociados a la ejecución de la planta de compostaje están en la Tabla 48, con un total de \$59.407,46, con la construcción de infraestructura de la planta el cual es el valor más elevado, para solventar estos costos se debe buscar financiamiento de entidades del estado o particulares además de la venta del compost que se producirá.

Tabla 48:
Costos aproximados para la planta compostaje

Descripción	Unidad	Cantidad	USD/unidad	total mensual	total anual (USD)
Inversión					
Estructura	Unidad				40.000,00
Subtotal inversión					40.000,00
Transporte					
Recolección	Gal	70	2.551,00	178,57	2.142,84
Viaje al centro de acopio	gal	35	2.551,00	89.285,00	1.071,42
Subtotal transporte					3.214,26

Herramientas					
Señalética	Unidad	10	4,00	40,00	40,00
Tijeras de poda	Unidad	2	15,00	30,00	30,00
Machete	Unidad	2	6,00	12,00	12,00
Rastrillo	Unidad	2	6,00	12,00	12,00
Carretilla	Unidad	4	55,00	220,00	220,00
Palas	Unidad	4	8,00	32,00	32,00
Regaderas	Unidad	1	8,00	8,00	8,00
Tamiz	Unidad	1	60,00	60,00	60,00
Manguera	Unidad	2	15,00	30,00	30,00
Termómetro	Unidad	2	25,00	50,00	50,00
Triturador	Unidad	1	3.000,00	3.000,00	3.000,00
Subtotal herramientas					3.494,00
Materiales					
Hilos	Unidad	1	9,00	9,00	9,00
Costales	Unidad	1.000	0,55	550,00	1.100,00
Papel pH	Unidad	2	7,50	15,00	15,00
Tanque	Unidad	1	110,00	110,00	110,00
Tarrinas	Unidad	2	4,00	8,00	16,00
Nylon	Unidad	6	1,00	6,00	6,00
subtotal materiales					1.256,00
Insumos					
Harina de trigo	kg	50	3,00	150,00	1.800,00
Melaza	l	50	1,00	50,00	600,00
Arroz	kg	10	1,32	13,20	158,40
Subtotal insumos					2.558,40
Personal de trabajo					
Trabajador		2	425,00	850,00	10.200,00
Subtotal personal de trabajo					10.200,00
Equipo de protección personal					
Paquete de mascarillas KN 95	Unidad	6	1,60	9,60	115,20
Mascarillas con filtro	Unidad	2	20,00	40,00	80,00
guantes anticorte	Unidad	2	10,00	20,00	240,00
Fajas lumbares	Unidad	2	8,00	16,00	32,00
overoles	Unidad	4	50,00	200,00	400,00
zapatos de trabajo	Unidad	2	48,00	96,00	192,00
gorra	Unidad	2	8,00	16,00	64,00
Gafas de protección	Unidad	2	5,00	10,00	120,00
subtotal EPP					1.243,20
COSTO TOTAL					59.407,46

5.4.3 ALTERNATIVA EN LA FASE DE DISPOSICIÓN FINAL

Debido a que el cantón Cevallos dispone sus residuos en un botadero, el cual está afectando a la población por la generación de lixiviados, malos olores y vectores, se pretende dar los lineamientos bases para un relleno sanitario manual.

5.4.3.1 Relleno Manual

Área del relleno manual

En base a los datos que provienen de la Tabla 34 referente a la población, PPC y generación de residuos, se entrega datos sobre el área que se necesita para el relleno sanitario manual, los resultados se presentan en la Tabla 49 con sus respectivos ejemplos de cálculo. El cantón Cevallos cuenta con un terreno destinado para el relleno sanitario de 2 hectáreas aproximadamente.

Para determinar la generación de residuos al día según la cobertura de recolección se usará la fórmula 5.11.

$$\text{Cantidad diaria de residuos} = PPC_{Total} * P_T * \%Recolección \quad (5.11)$$

Donde:

- PPC_{Total} = Producción per cápita total (kg/hab*día)
- P_T = Población total (hab)
- $\%Recolección$ = % de la cobertura de recolección (90 %)

Ejemplo de cálculo para el año 2021

$$\text{Cantidad diaria de residuos} = 0,65 \frac{kg}{hab * día} * 9.616 hab * 90 \% = 5.625,40 \frac{kg}{día}$$

$$\text{Cantidad anual de residuos} = 5.625,40 \frac{kg}{día} * \frac{365 días}{año} * \frac{1 ton}{1.000 kg} = 2.053,30 \frac{ton}{año}$$

La fórmula 5.12 se utilizará para determinar el volumen de residuos compactados.

$$V_{residuos compactados} = \frac{\text{Cantidad anual de residuos}}{\rho \text{ de residuos compactados en un relleno manual}} \quad (5.12)$$

La densidad de los residuos compactados varía entre $400 - 500 \text{ kg/m}^3$ en este caso se tomará $0,5 \text{ ton/m}^3$. A continuación, se presenta el ejemplo de cálculo.

$$V_{\text{residuos compactados anual}} = \frac{2.053,30 \frac{\text{ton}}{\text{año}}}{0,5 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}} = 4.107 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

También se calcula el volumen de residuos anuales estabilizados usando la ecuación 5.13.

$$V_{\text{residuos estabilizados}} = \frac{\text{Cantidad anual de residuos}}{\rho \text{ de residuos estabilizados en un relleno manual}} \quad (5.13)$$

La densidad de residuos estabilizados varía entre $500 - 600 \text{ kg/m}^3$ en este caso se tomará $0,6 \text{ ton/m}^3$.

$$V_{\text{residuos estabilizados}} = \frac{2.053,30 \frac{\text{ton}}{\text{año}}}{0,6 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}} = 3.422 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

Para definir cuánto material de cobertura (mc) se debe colocar al año en los residuos compactados se usa la fórmula 5.14:

El material de cobertura equivale al 20 a 25 % del volumen de los residuos compactados en este caso se usará 20 %.

$$mc = V_{\text{residuos compactados}} * 0,20 \% \quad (5.14)$$

Ejemplo de cálculo

$$mc = 4.107 \frac{\text{m}^3}{\text{año}} * 0,2 = 821 \frac{\text{m}^3 \text{ de tierra}}{\text{año}}$$

Para la determinación del volumen del relleno sanitario manual, se usa la fórmula 5.15.

$$V_{RS} = V_{\text{residuos estabilizados}} + mc \quad (5.15)$$

Donde:

- $V_{RS} = \text{Volumen de relleno sanitario } \text{m}^3/\text{año}$
- $V_{\text{residuos estabilizados anual}} = \text{Volumen de residuos estabilizados anual } \text{m}^3/\text{año}$

- mc = Material de cobertura

$$V_{RS} = 3.422 \frac{m^3}{año} + 821 \frac{m^3 \text{ de tierra}}{año} = 4.243 \frac{m^3}{año}$$

Para el cálculo del área requerida para el relleno sanitario se usará la fórmula 5.16.

$$A_{RS} = \frac{V_{RS}}{h_{RS}} \quad (5.16)$$

Donde:

- A_{RS} = Área necesaria del relleno sanitario manual m^2
- V_{RS} = Volumen necesario del relleno sanitario manual $m^3/año$
- h_{RS} = Altura o profundidad media del relleno sanitario manual puede variar entre 3 a 6 m en este caso se tomará una altura de 5 m

Ejemplo de cálculo

$$A_{RS} = \frac{4.243 \frac{m^3}{año}}{5 m} = 849 \frac{m^2}{año}$$

Para el cálculo del área total requerida se usará la fórmula 5.17.

$$A_T = F * A_{RS} \quad (5.17)$$

Donde:

- A_T = Área total requerida m^2
- F = Factor de aumento del área requerida 20 % - 40 % del área que se deberá rellenar
- A_{RS} = Área necesaria del relleno sanitario manual m^2

Ejemplo de cálculo con un factor de 30 %

$$A_T = 30 \% * 849 \frac{m^2}{año} = 254,7 \frac{m^2}{año}$$

$$A_T = 254,7 \frac{m^2}{año} + 849 \frac{m^2}{año} = 1.103 \frac{m^2}{año}$$

Tabla 49:
Resultados dl área total del relleno sanitario manual

Resultados del área total del relleno sanitario manual												
Año	Población (hab)	PPC $\left(\frac{kg}{hab*día}\right)$	% recolección	Cantidad de residuos sólidos		Volumen de residuos sólidos					Área requerida	
				Diaria $\left(\frac{kg}{día}\right)$	Anual $\left(\frac{ton}{año}\right)$	Residuos sólidos compactados $\left(\frac{m^3}{año}\right)$	Material de cobertura $\left(\frac{m^3}{año}\right)$	Residuos sólidos estabilizados $\left(\frac{m^3}{año}\right)$	Relleno sanitario		Relleno sanitario	
									Necesario $\left(\frac{m^3}{año}\right)$	Acumulada $\left(\frac{m^3}{año}\right)$	Necesario (m ²)	Total (m ²)
2021	9.616	0,65	0,90	5.625,40	2.053,30	4.107	821	3.422	4.243	4.243	849	1.103
2022	9.760	0,66	0,90	5.797,40	2.116,10	4.232	846	3.527	4.373	4.373	875	1.137
2023	9.906	0,67	0,90	5.973,30	2.180,30	4.361	872	3.634	4.506	4.506	901	1.172
2024	10.055	0,67	0,90	6.063,20	2.213,10	4.426	885	3.688	4.574	4.574	915	1.189
2025	10.206	0,68	0,90	6.246,10	2.279,80	4.560	912	3.800	4.712	4.712	942	1.225
2026	10.359	0,69	0,90	6.432,90	2.348,00	4.696	939	3.913	4.853	4.853	971	1.262
2027	10.514	0,69	0,90	6.529,20	2.383,20	4.766	953	3.972	4.925	4.925	985	1.281
2028	10.672	0,70	0,90	6.723,40	2.454,00	4.908	982	4.090	5.072	5.072	1.014	1.319
2029	10.832	0,71	0,90	6.921,60	2.526,40	5.053	1.011	4.211	5.221	5.221	1.044	1.358
2030	10.994	0,71	0,90	7.025,20	2.564,20	5.128	1.026	4.274	5.299	5.299	1.060	1.378
2031	11.159	0,72	0,90	7.231,00	2.639,30	5.279	1.056	4.399	5.455	5.455	1.091	1.418
2032	11.327	0,73	0,90	7.441,80	2.716,30	5.433	1.087	4.527	5.614	5.614	1.123	1.460
2033	11.497	0,74	0,90	7.657,00	2.794,80	5.590	1.118	4.658	5.776	5.776	1.155	1.502
TOTAL					31.268,70	62.537,30	12.507,50	52.114,40	64.621,90		12.924,40	16.801,70
Área total del relleno sanitario manual (ha)												1,7

El área que se necesita para un relleno sanitario es de 1,7 hectáreas el cual está en el rango del terreno destinado para este proyecto.

Cálculos de lixiviados

Para calcular el caudal medio de lixiviados que se generaran en el relleno sanitario se utiliza la fórmula 5.18.

$$Q = \frac{1}{t} * P * A * k \quad (5.18)$$

Donde:

- Q = Caudal medio de lixiviados o líquidos percolados (L/seg)*
- P = Precipitación media anual (mm/año) (500 y 750 mm/año)
- A = Área superficial del relleno (m²) (área con disposición de residuos sólidos, celda)
- t = Número de segundos en un año. (31.536.000 seg/año)
- k = Coeficiente que depende del grado de compactación de la basura, cuyos valores recomendados son los siguientes en (m/mm):

Para rellenos manuales con débil compactación, con peso específico de 0,4 a 0,6 ton/m³, se estima una producción de lixiviados entre 25 y 50 % (k = 0,25 a 0,50) de precipitación media anual correspondiente al área del relleno.

$$Q = \frac{1}{31.536.000 \frac{\text{seg}}{\text{año}}} * 750 \frac{\text{mm}}{\text{año}} * 16.801,7 \text{m}^2 * 0,45$$

$$Q = 0,18 \frac{\text{L}}{\text{seg}} \rightarrow 0,648 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

El caudal de lixiviados o líquidos percolados que se generaran en el cantón Cevallos es de 0,18 (L/seg) que equivale a 0,648 (m³/hora), en comparación al cantón Ambato que tiene una población 20 veces más extensa, con una generación de lixiviados es de 0,6 (L/seg) que equivale a 2,17 (m³/hora), esto nos indica que el cantón Cevallos generara lixiviados de acuerdo a la población que posee y a su generación de residuos. Los lixiviados que se producen se debe a la descomposición de la materia orgánica y su caudal necesita de un tratamiento de lixiviados para evitar la contaminación al ambiente y afectar la salud de la población

Cálculo de gases

Debido a que la mayor cantidad de residuos que se disponen en el rellenos sanitario son orgánico, existen emisiones de gases por la descomposición de la materia orgánica. Para el cálculo de gases con el modelo de LandGEM o EMCOM se usa la fórmula 5.19.

$$Q = L_0 R (e^{-kc} - e^{-kt}) \quad (5.19)$$

Donde:

- Q = Volumen de gas CH₄ producido en el año actual (m³/año).
- L₀ = Potencial de producción de CH₄ de los residuos sólidos (m³/Mg) con un valor de 170 m³/Mg.
- R = Tasa de residuos sólidos recibida durante la operación del sitio (ton/año).
- k = Tasa constante de degradación de primer orden (por año) con un valor de 0,05/año.
- c = Periodo de clausura del sitio de disposición de residuos en el presente año.
- t = Tiempo que lleva abierto el sitio de disposición final de residuos en el presente año.

$$Q = 170 \frac{m^3}{Mg} * 31.268,8 \frac{ton}{año} (e^{-\frac{0.05}{año} * 1año} - e^{-\frac{0.05}{año} * 10año})$$

$$Q = 1.832.313,845 \frac{m^3}{año}$$

La cantidad de gas CH₄ que se produce de los residuos sólidos en el cantón es de 1.832.313,845 (m³/año), en comparación al cantón Ambato que la generación de gases es de 9.075.885,6 (m³/año), al igual que los lixiviados, el cantón Cevallos tiene una generación de gases relacionada a la población que tiene y los residuos generados que en mayor porcentaje son los orgánicos. Estos gases pueden provocar explosiones en el relleno sanitario, para evitar esto se debe tener una buena ventilación de esa manera los gases pueden ser liberados a la atmósfera y captados para realizar proyectos de aprovechamiento de gases y así no afectar el crecimiento de la vegetación aledaña y a la salud de las personas.

5.4.3.2 Celda diaria

Los datos necesarios para la celda diaria son los siguientes:

- La cantidad de residuos sólidos municipales (RSM) generados al día = 6.643 kg/día
- Días de recolección = 6 días
- Densidad para residuos compactados en un relleno manual = 0,5 ton/m³
- Cobertura de recolección = 90 % debido a que no siempre existe una recolección total de los residuos.
- Factor del material de cobertura = 1,2

La cantidad de residuos sólidos para el diseño de la celda diaria se obtiene mediante la fórmula 5.20.

$$DS_{RS} = DS_p * \frac{7}{d_{lab}} * \% \text{ recolección} \quad (5.20)$$

Donde:

- DS_{RS} = Cantidad media diaria de RSM en el relleno sanitario *kg/día*
- DS_p = Cantidad de RSM producidos por día *kg/día*
- $d_{hábiles}$ = Días hábiles laborales en una semana (6 días)
- $\%Recolección$ = % de la cobertura de recolección (90 %)

$$DS_{RS} = 6.643 \frac{kg}{día} * \frac{7}{6 \text{ días lab}} * 90 \%$$

$$DS_{RS} = 6.975,15 \frac{kg}{día \text{ laboral}}$$

Para el volumen de la celda diaria se usará la fórmula 5.21, 5.22 y 5.23.

$$V_c = V_{tierra} + V_{residuos} \quad (5.21)$$

$$V_{residuos} = \frac{DS_{rs}}{D_{rsm}} \quad (5.22)$$

$$V_{tierra} = V_{residuos} * mc \quad (5.23)$$

Donde:

- V_c = Volumen de la celda diaria (m³)
- $V_{residuos}$ = Volumen de residuos (m³)

- V_{tierra} = Volumen de tierra (m^3)
- DS_{RS} = Densidad de los RSM recién compactados en el relleno manual ($500 \frac{kg}{m^3}$)
- mc = Material de cobertura (20%)

$$V_{residuos} = \frac{6.975,15 \frac{kg}{día\ laboral}}{500 \frac{kg}{m^3}} = 13,95 \frac{m^3}{día}$$

$$V_{tierra} = \frac{6.975,15 \frac{kg}{día\ laboral}}{500 \frac{kg}{m^3}} * 20 \% = 2,8 \frac{m^3}{día}$$

$$V_c = 13,9 \frac{m^3}{día} + 2,8 \frac{m^3}{día} = 16,7 \frac{m^3}{día\ laboral}$$

El cálculo del área de la celda se obtiene mediante la fórmula 5.24.

$$A_c = \frac{V_c}{h_c} \quad (5.24)$$

Donde:

- A_c = Área de la celda ($m^2/día$)
- V_c = Volumen de la celda diaria (m^3)
- h_c = Altura de la celda (1 a 1,5 m)

$$A_c = \frac{16,7 \frac{m^3}{día\ laboral}}{1\ m} = 16,7 \frac{m^2}{día\ laboral}$$

Para el cálculo del largo o avance de la celda se usa la fórmula 5.25.

$$l = \frac{A_c}{a} \quad (5.25)$$

Donde:

- l = Largo o avance de la celda (m)
- A_c = Área de la celda ($m^2/día$)
- a = Ancho (3 m)

$$l = \frac{16,7 \frac{m^2}{\text{día laboral}}}{3m} = 5,6 \frac{m}{\text{día}}$$

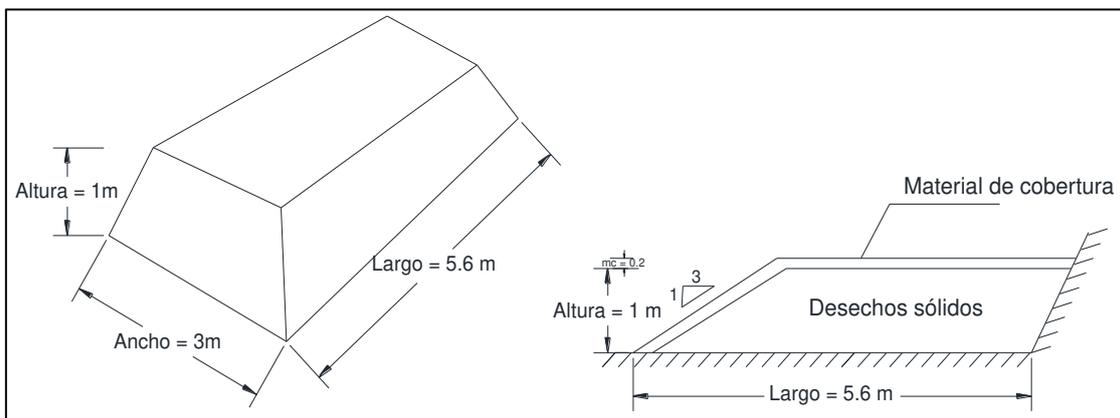


Figura 74: Dimensiones pertenecientes a la celda diaria

Fuente: (Jaramillo, 2002)

5.4.3.3 Cálculo de la mano de obra

En la Tabla 50 se presenta la cantidad de trabajadores necesarios para la operación del relleno sanitario.

Tabla 50:

Mano de obra para la operación del relleno sanitario

Operación	Rendimiento	Trabajadores/Día
Movimiento de residuos	$\frac{6,98 \text{ ton/día}}{0,95 \text{ ton/hora} * \text{trabajador}} * \frac{1}{6 \text{ horas}}$	1,23
Compactación de residuos	$\frac{16,7 \text{ m}^2}{20 \text{ m}^2/\text{hora} * \text{trabajador}} * \frac{1}{6 \text{ horas}}$	0,14
Movimiento de tierra	$\frac{2,8 \text{ m}^3}{(0,4) \text{ m}^3/\text{hora} * \text{trabajador}} * \frac{1}{6 \text{ horas}}$	1,2
Compactación de la celda	$\frac{16,7 \text{ m}^2}{20 \text{ m}^2/\text{hora} * \text{trabajador}} * \frac{1}{6 \text{ horas}}$	0,14
Total		2,71=3 trabajadores

Fuente: (Jaramillo, 2002)

5.4.3.4 Costos del relleno manual

Los costos aproximados asociados a la ejecución de un relleno sanitario manual se muestran en la Tabla 51, el costo total sería de \$150.397,6. Se toma en cuenta que la municipalidad ya cuenta con un terreno para este proyecto.

Tabla 51:*Costos aproximados para la disposición final en un relleno sanitario manual*

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Mensual	Anual
Inversión					
Estudios y diseño					25.000,00
Preparación del terreno y obras complementarias					14.319,00
Celda					1.214,00
Caseta					9.125,00
Instalaciones sanitarias					1.460,00
Subtotal					51.118,00
Operación y mantenimiento					
Mantenimiento	Unidad	1	500,00	500,00	6.000,00
Combustible	gal	300	2.551,00	765,30	9.183,60
Relleno					40.000,00
Operador		1	600,00	600,00	7.200,00
Trabajadores		3	425,00	1.275,00	15.300,00
Herramientas					300,00
Subtotal					77.983,60
Equipo de protección personal					
Mascarillas con filtro	Unidad	3	20,00	60,00	120,00
Guantes anticorte	Unidad	3	10,00	30,00	360,00
Fajas lumbares	Unidad	3	8,00	24,00	48,00
Overoles	Unidad	3	50,00	150,00	300,00
Zapatos de trabajo	Unidad	3	48,00	144,00	288,00
Gafas de protección	Unidad	3	5,00	15,00	180,00
Subtotal					1.296,00
Estudios					
Estudios de impacto ambiental					12.000,00
Auditoría ambiental de cumplimiento					8.000,00
Subtotal					20.000,00
Costo total					150.397,60

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- De acuerdo al diagnóstico realizado en el cantón Cevallos mediante las visitas a campo, encuestas y material bibliográfico se obtuvo información sobre la separación en la fuente, existiendo una mayor separación en la zona rural que en la zona urbana, la diferencia se debe a que existe una mayor separación de residuos orgánicos para alimento de animales y producción de abono, también la zona comercial tiene una alta separación especialmente de residuos reciclables que les generan ingresos por su comercialización. Los sectores: industrial, educativo y mercados la separación es baja debido principalmente al desconocimiento sobre la separación de los residuos.
- De las encuestas realizadas más del 90 % de la ciudadanía está dispuesta a participar en el programa de separación en la fuente, pero no realizan la separación de residuos por razones como: el tiempo que requiere, el desconocimiento del tema y es muy trabajoso. Por lo tanto se debe realizar capacitaciones sobre la importancia de separar los residuos en la fuente, también se debe dar incentivos económicos por parte de la municipalidad principalmente a los comercios e industrias debido a que manifestaron que no tienen tiempo y es muy trabajoso realizar la separación de los residuos.
- En base a las encuestas realizadas sobre el conocimiento de la disposición final de los residuos, la mayor parte de la ciudadanía no conoce donde se disponen sus residuos, por lo tanto es importante dar a la ciudadanía conocimiento del lugar de disposición final y cuáles son las acciones que se realizan para disminuir los impactos a la salud y al ambiente, de esa manera existirá una mayor acogida a la implementación de proyectos con un relleno sanitario.
- Se identificó los impactos ambientales mediante la elaboración de la matriz de Leopold, obteniendo 72 impactos de los cuales 60 son negativos y 12 positivos. Los impactos negativos altamente significativos se encuentran en la descarga de residuos por la proliferación de vectores, generación de gases que pueden afectar la calidad del aire y la generación de lixiviados que afectan el agua subterránea y superficial.

Por otro lado los impactos benéficos tanto para el ambiente como para la ciudadanía son: las barreras naturales para atenuar los malos olores y la generación de empleo sobre todo en la fase de disposición final.

- La generación de residuos en el cantón Cevallos corresponde a 6.643 kg/día, considerando al sector de mayor contribución al domiciliario con el 93,31 %, seguido de plazas y mercados con 3,85 %, el sector comercial con un 1,86 % puede seguir sumando a la generación de residuos. Por otro lado los sectores: industrial, educativo, barrido y centro de salud son los que menor contribuyen en la generación de residuos con valores de 0,43 %, 0,32 %, 0,13 %, y 0,10 % respectivamente.
- La tasa de producción per cápita del cantón Cevallos corresponde a 0,65 kg/hab*día, con valores de PPC domiciliario de 0,64 kg/hab*día y de 0,01 kg/hab*día para las otras fuentes de generación que son los sectores: comercial, industrial, educativo, centro de salud, plazas y mercados. Este valor de PPC del cantón Cevallos, el cual posee una población de 9.616 habitantes no se encuentra dentro de los valores establecidos para microciudades que tienen poblaciones ≤ 15.000 habitantes y el PPC corresponde a 0,54 kg/hab*día, razón por la cual la municipalidad se ve en la necesidad de tomar medidas para reducir la cantidad de residuos sólidos que se generan.
- Los valores de la composición física de los residuos sólidos del cantón, indican que los residuos orgánicos predominan con un valor del 45 % debido a que el cantón es considerado agrícola, seguido de residuos textiles con un 23 % por las fábricas de calzado en la generación principalmente de residuos de cuero, otros residuos sean estos no aprovechables e higiénicos tiene un porcentaje de 12 %, los residuos reciclables que tienen un alto valor en el mercado corresponden a papel y cartón con el 9 %, plásticos de otro tipo con el 4 %, PET con el 2 %, vidrio el 1 % y chatarra el 1 % restante. Los residuos del centro de salud constan de otra composición, los residuos infecciosos 58 %, ordinarios 29 % y corto-punzantes 13 %.
- El valor promedio de densidad obtenido para el cantón Cevallos corresponde a 96 kg/m³, con una mayor densidad para los sectores del barrido con 126 kg/m³, plazas y mercados con 126 kg/m³ y domiciliario con 95 kg/m³, esto se debe a que existe una alta generación de residuos orgánicos los cuales aumentan la densidad. Por otro lado los sectores: industrial, comercial y educativo poseen valores bajos de 84 kg/m³, 74 kg/m³ y 73 kg/m³ respectivamente, debido a que los residuos poseen material reciclable y no aprovechables.

- De los resultados para la alternativa en la fase de separación en la fuente, se realizará socializaciones a las fuentes generadores, con más enfoque a las de mayor generación utilizando el manual de reciclaje propuesto, para mejorar la separación de los residuos reciclable, orgánicos y no aprovechables, además de dar conocimiento sobre la importancia de separar los residuos, los tipos de residuos que puede ser reciclados y el proceso que cada material tiene para ser usado nuevamente.
- La cantidad de residuos reciclables recuperables es de 770,12 kg/día considerando al papel y cartón con 437,96 kg/día, plásticos con 189,48 kg/día, PET con 79,76 kg/día, chatarra con 39,42 kg/día y vidrio con 23,51 kg/día, que pueden ser aprovechados si el cantón contará con un centro de acopio de material reciclable. Por lo tanto, se determinó las dimensiones para un centro de acopio de material reciclable, con una altura de 2,5 m, un ancho de 6 m y largo de 10 m, el almacenamiento será semanal con un trabajador al día y con una proyección de 5 años.
- El costo obtenido para la implementación del programa de reciclaje corresponde a \$14.125,04 y el ingreso anual por la venta de los residuos reciclados es de \$33.698,2. por lo tanto el costo de implementación del programa se recupera en un año y la ganancia de la comercialización de los residuos puede ser destinada para mejorar el sistema de recolección y de manera consecuente disminuir la cantidad de residuos que se disponen en el botadero.
- Con respecto a la alternativa en la fase de tratamiento de residuos orgánicos, existe una producción de 3.216,37 kg/día. Considerando que el cantón no cuenta con un lugar que trate estos residuos, se determinó el dimensionamiento para una planta de compostaje el cual tendrá un área de 1.620 m², con un ancho de 36 m y largo de 45 m. Para el tratamiento se contará con 36 pilas, cada pila con 6,6 m de longitud, 2,5 m de ancho y 1.3 m de alto. Se usará el activador EMAs debido a que el cantón se encuentra en condiciones de páramo, de esa manera el tiempo de maduración del compost se reduce a la mitad, en total a 15 semanas. El compost ya maduro podrá ser usado en los cultivos, parques y jardines del cantón o vendido a cantones aledaños.
- El costo para la implementación del programa de compostaje es de \$59.407,46, que abarca la estructura, el transporte, las herramientas, entre otros gastos. Debido a que es un valor elevado para las condiciones del cantón y no se cuenta con un valor aproximado por la venta del compost, es necesario contar con acuerdos de organizaciones públicas o privadas que ayuden con programas de tratamiento de

residuos orgánicos, además se puede realizar un estudio económico para comercializar el compost a cantones vecinos.

- Para la alternativa en la fase de disposición final se obtuvo el dimensionamiento del relleno sanitario manual, la cual se basó en la cantidad anual de residuos sólidos siendo de 2.053,30 ton/año. Al realizar una proyección de 10 años el área necesaria sería de 1,7 hectáreas lo que resulta menor al área actual disponible (2 hectáreas). Las dimensiones de la celda diaria corresponden a: altura 1m, ancho 3 m y largo 5,6 m, también se determinó, la cantidad de trabajadores necesarios para la operación del relleno sanitario que es de tres trabajadores. Finalmente, los costos necesarios para la implementación de estas alternativas son aproximadamente \$150.397,6 la cual necesitaría un financiamiento para la ejecución de esta alternativa.

6.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda buscar entidades que puedan aportar de manera económica a la implementación de las diferentes alternativas de reciclaje dentro del proyecto, además de brindar incentivos a los comercios y demás generadores que no muestran mucho interés o carecen de tiempo.
- Para las visitas a campo es recomendable llevar ropa adecuada, también equipo de protección sobre todo al botadero debido al polvo que se genera cuando pasa el carro recolector y por los vientos que existe en la zona, que pueden provocar daños en el sistema respiratorio y visual.
- Se recomienda aplicar planes piloto previo a la puesta en marcha del proyecto a nivel de cantón. Estos deben estar enfocados en barrios de zonas urbanas y rurales para evidenciar y analizar el comportamiento de los moradores, identificando las posibles falencias dentro del proceso de separación y recolección de residuos.
- Fortalecer el departamento de gestión ambiental, poniendo al frente a profesionales capacitados en el área que desarrollen las diferentes actividades, disminuyendo los costos que representa la contratación de profesionales externos.
- Se recomienda continuar con la implementación de cualquiera de las alternativas sin importar el cambio de autoridades, para evitar que los proyectos queden a medio camino y seguir con un manejo de residuos en donde todo se dispone en el mismo lugar.

- Céspedes, L., & Rojas, C. (2011, November 3). *Residuos sólidos urbanos: un grave problema ambiental - Ciencia UNAM*. CienciaUNAM. <http://ciencia.unam.mx/contenido/galeria/51/residuos-solidos-urbanos-un-grave-problema-ambiental>
- Cevallos, P. (2015). *EL MANEJO DE DESECHOS SOLIDOS EN EL GAD CEVALLOS Y LA ORDENANZA MUNICIPAL [UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO]*. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/9920/1/FJCS-DE-797.pdf>
- Código Orgánico de Organización Territorial, Pub. L. No. Registro Oficial Suplemento 303, 16 (2010). https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/01/dic15_CODIGO-ORGANICO-DE-ORGANIZACION-TERRITORIAL-COOTAD.pdf
- Constitución de la República del Ecuador, Pub. L. No. Registro Oficial 449 (2008). www.lexis.com.ec
- Correal, M., & Laguna, A. (2018). *Estimación de costos de recolección selectiva y clasificación de residuos con inclusión de organizaciones de recicladores Herramienta de cálculo y estudios de caso en América Latina y Hl Caribe*. <https://latitudr.org/wp-content/uploads/2018/08/Estimacion-de-costos-de-recoleccion-selectiva-y-clasificacion-de-residuos-con-inclusion-de-organizaciones-de-recicladores-Herramienta-de-calculo-y-estudios-de-caso-en-America-Latina-y-El-Caribe.pdf>
- Cruz Sotelo, S. E., & Ojeda Benítez, S. (2013). Gestión sostenible de los residuos sólidos urbanos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29, 7–8. <https://www.redalyc.org/pdf/370/37029665017.pdf>
- Cuervo Andrade, J. L. (2014). *GUÍA TÉCNICA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS A TRAVÉS DE METODOLOGÍAS DE COMPOSTAJE Y LOMBRICULTURA*. https://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf
- Défaz Visuete, G. C., & Gualoto Simbaña, H. A. (2020). *EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE TRES ACTIVADORES BIOLÓGICOS APLICADOS A PILAS DE COMPOSTAJE UBICADAS EN LA COMUNIDAD DE SAN FRANCISCO DE CRUZ LOMA*. Escuela Politécnica Nacional .

- Delgado, M. (2019, January 3). *Solo la mitad de los sancarleños separa sus desechos* - SanCarlosDigital.com. San Carlos Digital. <https://www.sancarlosdigital.com/solo-la-mitad-de-los-sancarlenos-separa-sus-desechos/>
- Dellavedova, M. G. (2010). *GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE UNA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL*. <https://blogs.ead.unlp.edu.ar/planeamientofau/files/2013/05/Ficha-N%25C2%25BA-17-Gu%25C3%25ADa-metodol%25C3%25B3gica-para-la-elaboraci%25C3%25B3n-de-una-EIA.pdf>
- Ecológica, M. de A. A. y transición. (2020). *Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos municipales*. www.ambiente.gob.ec
- Ecológico, M. del A. A. y T. (2020). *Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos municipales*. www.ambiente.gob.ec
- El Universo. (2020, December 30). Ecuador genera 375 mil toneladas de residuos sólidos urbanos al año, pero solo recicla el 4% de estos desechos | Ecología | La Revista | El Universo. *El Universo*. <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/12/30/nota/9111586/ecuador-genera-375-mil-toneladas-residuos-solidos-urbanos-ano-solo/>
- Estévez Tejeda, J. A. (2015, March 10). *Desechos solidos explicacion*. Slideshare. <https://es.slideshare.net/joseantonioesteveztejeda/desechos-solidos-explicacion>
- FAO. (2018, May 2). *La contaminación de los suelos está contaminando nuestro futuro* | Historias de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1126977/>
- Fuentes Taticuán, K. V. (2020). *Optimización en las fases de separación en la fuente, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos en el cantón San Pedro de Huaca* [Quito, 2020.]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21210>
- GAD Municipal de Cevallos. (2011). *Ordenanza de Conservación del Medio Ambiente del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Cevallos* (p. 16).
- GAD Municipal de Cevallos. (2016, November 17). *Plan de Ordenamiento Territorial*

- Cevallos 2015. GAD Municipal de Cevallos. <http://www.cevallos.gob.ec/index.php/component/phocadownload/category/170-plan-de-ordenamiento-y-desarrollo-territorial-pdot>
- García, M. (2009). *Biología y Geología*. https://www.researchgate.net/profile/Manuel-Rodriguez-80/publication/263925744_La_hidrosfera_El_ciclo_del_agua_La_contaminacion_del_agua_Metodos_de_analisis_y_depuracion_El_problema_de_la_escasez_del_agua/links/5486d67c0cf2ef34478c2e1e/La-hidrosfera-El-ciclo-del-agua-La-contaminacion-del-agua-Metodos-de-analisis-y-depuracion-El-problema-de-la-escasez-del-agua.pdf
- Geovial. (2014). *ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD, IMPACTOS AMBIENTALES E INGENIERÍA DEFINITIVOS PARA LA RECTIFICACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA OTAVALO-SELVA ALEGRE*. <https://maeimbabura.files.wordpress.com/2015/04/esia-1403-js-04-via-otavalo-selva-alegre.pdf>
- Giuoggioloni, N. (2017, June 2). *Compostaje en clima frío*. Espacio Sustentable. <https://espaciosustentable.com/compostaje-en-invierno/>
- Grupo de Investigación de Economía Ecológica. (2016, April 14). *La basura: consecuencias ambientales y desafíos*. Universidad Nacional de Mar Del Plata. <https://eco.mdp.edu.ar/institucional/eco-enlaces/1611-la-basura-consecuencias-ambientales-y-desafios>
- Grupo Sanchiz. (2016). *CÓMO FUNCIONAN NUESTRAS PLANTAS DE BIOGÁS Beneficios medioambientales & producción de energía renovable*. <https://gruposanchiz.es/biogas/>
- Guía comunitaria para la salud ambiental. (2011). *Desechos sólidos: cómo convertir un riesgo para la salud en un recurso*. Hesperian Health Guides. http://hesperian.org/wp-content/uploads/pdf/es_cgeh_2011/es_cgeh_2011_cap18.pdf
- Gutiérrez Tito, H. V. (2013). *“DETERMINACION DE LA PRODUCCION PER - CAPITA DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS EN FUNCION DE LOS FACTORES SOCIOECONOMICOS EN EL DISTRITO DE ORURILLOMELGAR – PUNO - 2012”*

- [UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO].
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5495/Gutierrez_Tito_Henry_Vicente.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Guzmán Chávez, M., & Macías Manzanares, C. H. (2012). El manejo de los residuos sólidos municipales: un enfoque antropológico. El caso de San Luis Potosí, México. *Estudios Sociales (Hermosillo, Son.)*, 20(39), 235–262.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572012000100009&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Hernández Berriel, M. del C., Aguilar Virgen, Q., Taboada González, P., Lima Morra, R., Eljaiek Urzola, M., Márquez Benavides, L., & Buenrostro Delgado, O. (2016). Generación y composición de los residuos sólidos urbanos en América latina y el caribe. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32(1), 11–22.
<https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.05.02>
- Hernández Romero, M. (2016). *Diseño de una planta de biometanización de residuos domésticos* [Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales].
http://oa.upm.es/42792/1/TFG_MARIA_HERNANDEZ_ROMERO.pdf
- HSE-Ecuador. (2019). *DISEÑO Y OPERACION RELLENO SANITARIO HSE-ECUADOR*.
<http://www.hse-ecuador.com/disenio-y-operacion-relleno-sanitario.html>
- Ilustre Municipalidad De Loja, & Röben, E. (2002). *DED-Deutscher Entwicklungsdienst Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales*.
www.ded.org.ec
www.municipioloja.com
www.ded.org.ec
www.municipioloja.com
- INEC (Instituto Nacional de estadísticas y Censos). (2011). *Encuesta de Estratificación del Nivel Socioeconómico NSE 2011*.
https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/Encuesta_Estratificacion_Nivel_Socioeconomico/111220_NSE_Presentacion.pdf
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2014). *ANUARIO METEOROLÓGICO*.
https://www.inamhi.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2011.pdf

- Jaramillo, J. (2002). *GUÍA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS MANUALES Una solución para la disposición final de residuos sólidos municipales en pequeñas poblaciones*. <http://www.cepis.ops-oms.org>
- La Trinchera. (2019, May 6). *¿Cómo se produce la contaminación del suelo?* . <https://recicladoslatrinchera.com/contaminacion-del-suelo/>
- Linares González, L. F. (2017). *Planta para el tratamiento de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) que se generan en la sede central de la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas*. [Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas]. [https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/8496/Linares González%2CLuis Fernando.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/8496/Linares_González%2CLuis_Fernando.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Luz De la Maza, C. (2007). Evaluación de Impactos Ambientales. In *En MANEJO Y CONSERVACIÓN DE RECURSOS FORESTALES* (pp. 579–609). Universitaria. http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120397/Evaluacion_de_Impactos_Ambientales.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Código Orgánico Ambiental (COA), Pub. L. No. Registro Oficial Suplemento 983 (2017). www.lexis.com.ec
- Mayorga Solis, D. (2015, May 29). *Residuos sólidos I*. <https://es.slideshare.net/danielmayorgasolis/residuos-slidos-1>
- MDG ACHIEVEMENT FUND. (n.d.). *Guia Metodológica para la Implementación y Gestión de Sistemas de Recolección y Disposición de los Desechos Sólidos en Municipios Rurales y Peri-Urbanos*.
- Mijangas, R., & López, L. (2013). *Metodologías para la identificación y valoración de impactos ambientales Introducción* (No. 50).
- Nieto, E. W. (2017, April 9). *Calculo per cápita grs*. Slideshare. <https://es.slideshare.net/Edgarzote/calculo-percpita-grs>
- Pérez, M. (2021, September 10). *¿Qué es Densidad?* . ConceptoDefinición. <https://conceptodefinicion.de/densidad/>

- Portilla Castañeda, M. R. (2021). Vista de Manejo de residuos sólidos urbanos en Latinoamérica: Una aproximación conceptual. *Sinergias Educativas*, 1–13. <http://www.sinergiaseducativas.mx/index.php/revista/article/view/265/814>
- Recimed. (2017, September 3). *Separar en la fuente es la opción* | *RECIMED* | *Cooperativa de Recicladores de Medellín*. <https://reciclaje.com.co/blog/aprende-a-reciclar/separar-en-la-fuente-es-la-opcion/>
- Recytrans. (2013a, August 2). *Clasificación de los residuos*. <https://www.recytrans.com/blog/clasificacion-de-los-residuos/>
- Recytrans. (2013b, November 19). *¿Por qué separar los residuos?* Recytrans Soluciones Globales Para El Reciclaje. <https://www.recytrans.com/blog/por-que-separar-los-residuos/>
- Ríos Hernández, A. (2009). *Gestión Interegral de los Residuos Sólidos Urbanos* [Instituto Politécnico Nacional]. <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/3066/GESTIONINTEGRAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Röben, E. (2002). *Manual de Compostaje Para Municipios*. <http://www.bionica.info/biblioteca/Roben2002MaualCompostaje.pdf>
- Rodrigo, J., Rodrigo, M., & Fernández, J. (2014). *La biometanización como alternativa para los RSU, residuos sólidos urbanos*. CTR Mediterráneo. <http://www.ctrmediterraneo.com/noticias/la-biometanizacion-como-alternativa-para-los-rsu-residuos-solidos-urbanos/>
- Rodríguez Grande, S. M. (2020). *Programa de separación en la fuente de residuos sólidos aprovechables en el Departamento Administrativo de la Presidencia de la República*. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/29302/2020solanyimelissarodriguez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez Salinas, M. A., & Córdova, A. (2006). *Manual de compostaje municipal*. [http://www.resol.com.br/cartilha5/Manual de Compostaje-SERMANAT-Mexico.pdf](http://www.resol.com.br/cartilha5/Manual%20de%20Compostaje-SERMANAT-Mexico.pdf)
- Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de Compostaje del Agricultor*.

www.fao.org/publications

- Rondón Toro, E., Szantó Narea, M., Pacheco, J. Francisco, Contreras, E., & Gálvez, A. (2016). Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios. In *CEPAL*. https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/40407/S1500804_es.pdf
- Sáez, A., & Urdaneta, J. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia Año*, 20(3), 1315–8856. <https://www.redalyc.org/pdf/737/73737091009.pdf>
- Salinas, C., León, M. de los Á., Pérez, M. I., & Yagellos, J. (2018). (*No Title*). <https://educacion.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/03/Manual-de-Compostaje.pdf>
- Sanatorium. (2019, April 18). *¿Por qué es importante la separación en origen de los residuos?* . <https://www.sanatorium.com.ar/es/blog/36/por-que-es-importante-la-separacion-en-origen-de-los-residuos/>
- Sedesol. (2005a). *Generación de residuos sólidos municipales*. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen/08_residuos/cap8.html
- Sedesol. (2005b). *RESIDUOS MUNICIPALES*. https://www.ucipfg.com/Repositorio/MLGA/MLGA-03/semana4/PER_RS.pdf
- Simon-Vermot, B. (2010). *MODELO PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS POR EL RECINTO CHIRIBOGA Y SUS ALREDEDORES* [Universidad Internacional SEK]. [https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/420/1/Modelo para el Manejo de los Residuos sólidos generados %281%29.pdf](https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/420/1/Modelo%20para%20el%20Manejo%20de%20los%20Residuos%20sólidos%20generados%20por%20el%20Recinto%20Chiriboga%20y%20sus%20alrededores.pdf)
- Solíz Torres, M. F., Durango Cordero, J. S., Solano Peláez, J. L., & Yépez Fuentes, M. A. (2020). *Cartografía de los residuos sólidos en Ecuador, 2020* (M. F. Solíz Torres (ed.)). Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador / INEC / VLIR-UOS / GAIA / Alianza Basura Cero Ecuador / Acción Ecológica. <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/7773>
- Szanto Narea, M. (2008). LA PROBLEMÁTICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. *REDIS*, 7, 1–18.

<http://www.redisa.net/doc/artSim2008/gestion/A35.pdf>

Tello Espinoza, P., Martínez Arce, E., Daza, D., Soulier Faure, M., & Terraza, H. (2011). *Informe de evaluación regional del manejo de residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe*. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Informe-de-la-evaluación-regional-del-manejo-de-residuos-sólidos-urbanos-en-América-Latina-y-el-Caribe-2010.pdf>

Tello, P., Campani, D., & Rosalba, D. (2018). *Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos*. <https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/08/GESTION-INTEGRAL-DE-RESIDUOS-SOLIDOS-URBANOS-LIBRO-AIDIS.pdf>

Tortosa, G. (2015, October 24). *Ciclo del compost*. Compostando Ciencia. <http://www.compostandociencia.com/2015/10/ciclo-del-compost/>

Villacis Flores, K. L. (2020). *Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS)*. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/07/5.PROYECTO-PNGIDS.pdf>

Viteri, G. (2011, July 13). *Guía para la Construcción de rellenos sanitarios*. https://issuu.com/gonzaloviteri/docs/guia_construccion_relleno_sanitarios/273