

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

**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**

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

AUTOR: KATHERINE VIVIANA FUERTES TATICUÁN

katherine.fuertes@epn.edu.ec

DIRECTOR: M.Sc. GISSELA ELIZABETH VILAÑA TRUJILLO

gissela.vilana@epn.edu.ec

CODIRECTOR: M.Sc. CÉSAR ALFONSO NARVÁEZ RIVERA

cesar.narvaez@epn.edu.ec

Quito, agosto 2020

DECLARACIÓN

Yo, Katherine Viviana Fuertes Taticuán, 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.

**KATHERINE VIVIANA FUERTES
TATICUÁN**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Katherine Viviana Fuertes Taticuán, bajo nuestra supervisión.

M.Sc. GISSELA VILAÑA
DIRECTOR DE PROYECTO

M.Sc. CÉSAR NARVÁEZ
CODIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A Dios y a la Virgencita Nuestra Señora de la Purificación de Huaca, porque fueron mi guía, mi meditación y fortaleza en momentos difíciles.

A mis padres, por todo su amor, ayuda y preocupación, sin ustedes este logro no hubiese sido posible, gracias por su confianza y por darme la oportunidad de esta experiencia, sé que para ustedes no fue fácil. Dios le pague mami, por ser el pilar de mi vida, por sus enseñanzas y por ser mi apoyo incondicional, le admiro y le agradezco porque siempre ha trabajado duro por darme lo mejor. Gracias papi, por todos esos consejos que me han ayudado a corregirme como persona, a pesar de las circunstancias, sé que siempre puedo contar con usted en todo momento.

A toda mi familia, que me ha cuidado y colaborado siempre, por los favores en las madrugadas, por sus mensajes, llamadas de aliento y sus oraciones; fueron un gran equipo de trabajo que me ayudaron cuando más los necesite. A la Flia. López Montenegro por convertirse en un apoyo durante todo este tiempo.

Gracias a Magui, Karencita C, Paty, Roci y Karencita R por demostrarme su amistad en todo momento a pesar de la distancia. A mis amigos: Adrián, Beto, Fabri, Darwin, Joss, Vale, Carito, Karlita, Dani, Cris y Kathya, que llegaron a formar parte de mi día a día, por todos los momentos compartidos llenos de alegría, tristeza, enojo, sustos, estrés y risas. Todos los recuerdos quedarán en mi memoria, les deseo éxitos y estoy segura de que se convertirán en grandes profesionales; y a todas las humildes personas que tuve el agrado de conocer en la universidad.

A la Escuela Politécnica Nacional y a todos mis profesores por sus enseñanzas y consejos, que han permitido mi crecimiento profesional y personal. A mi codirector Ing. César Narváez porque siempre se mostró predispuesto en ayudarme y

colaborar con su experiencia, tiempo y conocimiento. A mi directora Ing. Gissela Vilaña, por haber compartido conmigo gratos momentos, por su paciencia, apoyo y tiempo, sin importar el día y la hora, por su ayuda y guía para poder concluir el presente trabajo a pesar de las circunstancias.

Al personal del GAD-M San Pedro de Huaca que me ayudaron en varias actividades que se realizaron en este trabajo, de manera especial a Germán y a la Dirección de Gestión Ambiental. A todas las personas amables que conocí en Huaca y que me colaboraron de una y otra manera. A los GAD-M de Tulcán y Montúfar por su cooperación con información para la realización de este trabajo.

Finalmente, quiero agradecer a la persona que en los últimos años se ha ganado un lugar muy especial en mi vida. Ma Joli, mil gracias por todo tu amor, paciencia, apoyo total y sincero ante cualquier circunstancia, por tu tiempo, por todos los consejos que me han ayudado a ser mejor persona, por las aventuras y por enseñarme a ver la vida de una manera distinta.

Mi gratitud y Bendiciones para cada uno de ustedes.

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgencita por darme la vida, por todo su amor y sus Bendiciones a lo largo de mi existencia.

A toda mi familia que son el motor que me ha impulsado en cada paso que doy, por su apoyo y preocupación, gracias por estar junto a mí en todo momento.

De manera especial, quiero dedicar este proyecto a tres mujeres que son muy importantes en mi vida, a las que admiro y respeto, gracias por sus enseñanzas y por convertirme en la mujer que soy, ustedes son mi ejemplo de lucha, trabajo, perseverancia y sacrificio.

Con mucho cariño para:

Mi mami Nancita y mis abuelitas Carmelita y Glorita

A quienes amo con todo mi corazón y pido a Dios que me las bendiga y proteja siempre.

CONTENIDO

DECLARACIÓN	I
CERTIFICACIÓN	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	V
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XVII
ÍNDICE DE ANEXOS	XX
SIMBOLOGÍA Y SIGLAS	XXI
RESUMEN	XXIII
ABSTRACT	XXVI
PRESENTACIÓN	XXVIII
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2. OBJETIVOS	4
1.2.1. Objetivo general	4
1.2.2. Objetivos específicos	4
1.3. ALCANCE.....	4
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	5
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	8
2.1. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU).....	8
2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	9
2.3. PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS	10
2.3.1. Propiedades físicas	10
2.3.2. Propiedades químicas	10
2.3.2.1. Potencial de hidrógeno (pH).....	11
2.3.2.2. Composición química	11
2.3.2.3. Relación carbono/nitrógeno (C/N).....	11
2.3.3. Propiedades biológicas	12

2.3.3.1. Biodegradabilidad de componentes de los residuos orgánicos.....	12
2.3.3.2. Producción de olores	12
2.3.3.3. Reproducción de moscas.....	12
2.4. EFECTOS DE LA INADECUADA GESTIÓN DE LOS RSU	13
2.4.1. Impactos sobre el aire	14
2.4.2. Impactos en el agua	14
2.4.3. Impactos en el suelo	14
2.4.4. Impactos sobre el componente biótico	15
2.4.5. Efectos en la salud	16
2.4.5.1. Vectores de transmisión de enfermedades	16
2.5. GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (GIRSU).....	17
2.5.1. Cantidad o generación	17
2.5.1.1. Generación per cápita.....	17
2.5.2. Composición	17
2.5.3. Densidad	18
2.6. MODELOS DE GESTIÓN DE RSU	18
2.6.1. Modelo de gestión de residuos mezclados	18
2.6.2. Modelo de gestión de residuos separados en origen	19
2.6.3. Modelo de gestión de residuos en zonas rurales	19
2.7. ETAPAS DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE RSU	20
2.7.1. Minimización en la generación	20
2.7.2. Separación en la fuente	20
2.7.3. Almacenamiento	21
2.7.4. Recolección y transporte	22
2.7.5. Acopio y/o transferencia	22
2.7.6. Tratamiento	23
2.7.6.1. Tratamiento físico	23
2.7.6.2. Tratamiento químico	23
2.7.6.3. Tratamiento biológico	23
2.7.7. Disposición final	26

2.7.7.1. Rellenos manuales	27
2.7.7.2. Rellenos con compactación mecanizada	27
2.8. MARCO LEGAL.....	28
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	32
3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	32
3.1.1. Datos del Cantón San Pedro de Huaca	32
3.1.2. Ubicación geográfica	33
3.1.3. Componente biofísico	33
3.1.3.1. Uso y cobertura del suelo	33
3.1.3.2. Capacidad de uso de las tierras	34
3.1.3.3. Información climática	35
3.1.3.4. Recursos naturales	36
3.1.3.5. Delimitación de cuencas y cuerpos de agua existentes	36
3.1.3.6. Territorio bajo conservación o manejo ambiental	37
3.1.4. Componente económico-productivo	38
3.1.4.1. Actividades económicas	38
3.1.5. Componente social-cultural.....	38
3.1.5.1. Análisis demográfico	38
3.1.5.2. Educación.....	38
3.1.5.3. Salud	39
3.2. DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN ACTUAL DE RSU	39
3.2.1. Visita de campo al Cantón San Pedro de Huaca	39
3.2.1.1. Identificación de fuentes generadoras, tratamiento y disposición final.....	40
3.2.1.1.1. Separación en la fuente.....	40
3.2.1.1.2. Tratamiento	42
3.2.1.1.3. Disposición final.....	42
3.2.1.2. Evaluación de Impactos Ambientales causados en las fases de separación en la fuente, tratamiento y disposición final	43
3.2.1.2.1. Valoración del impacto	45

3.2.1.2.2. Categorización de impactos ambientales.....	47
3.2.2. Encuestas	48
3.2.2.1. Determinación de la muestra.....	48
3.2.2.2. Encuestas de estratificación socioeconómica	50
3.2.2.3. Encuestas del manejo de residuos	50
3.3. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	51
3.3.1. Materiales y equipos	51
3.3.2. Procedimiento para el plan de muestreo	52
3.3.2.1. Domiciliar y comercial	52
3.3.2.2. Mercado	54
3.3.2.3. Unidades educativas	55
3.3.2.4. Subcentros de salud	56
3.3.2.5. Barrido	57
3.3.3. Determinación de la generación total diaria de RSU de diferentes fuentes generadoras	57
3.3.3.1. Comercial	57
3.3.3.2. Mercado	58
3.3.3.3. Unidades educativas.....	58
3.3.3.4. Subcentros de salud.....	59
3.3.3.5. Barrido.....	60
3.3.4. Determinación de la generación per cápita diaria total	60
3.3.4.1. Generación per cápita domiciliar	61
3.3.4.1.1. Validación de la muestra	61
3.3.4.2. Generación per cápita de otros generadores	63
3.3.5. Determinación de la generación total diaria de RSU	63
3.3.5.1. Proyección poblacional y de la cantidad de RSU	63
3.3.6. Determinación de la composición de los RSU	64
3.3.7. Determinación de la densidad de los RSU	65
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	68
4.1. DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN ACTUAL DE LOS RSU	68

4.1.1. Separación en la fuente	68
4.1.1.1. Domiciliar y comercial	68
4.1.1.2. Mercado	70
4.1.1.3. Unidades educativas.....	71
4.1.1.4. Subcentros de salud	72
4.1.1.5. Barrido	73
4.1.2. Tratamiento	73
4.1.3. Disposición final	75
4.1.3.1. Distancias y tiempos de trayecto.....	76
4.2. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	80
4.2.1. Valoración del impacto	80
4.2.2. Categorización del impacto	84
4.3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS ENCUESTAS.....	86
4.3.1. Tamaño de la muestra	86
4.3.2. Encuesta socioeconómica	87
4.3.3. Encuestas sobre el manejo de los residuos	89
4.3.3.1. Encuestas del manejo de residuos en diferentes fuentes de generación.....	89
4.3.3.2. Encuestas del manejo de residuos orgánicos y reciclables.....	104
4.4. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA CARACTERIZACIÓN DE RSU	108
4.4.1. Cantidad de RSU recolectados durante el muestreo	108
4.4.1.1. Cantidad de RSU recolectados en domicilios	108
4.4.1.2. Cantidad de RSU recolectados en comercios.....	111
4.4.1.3. Cantidad de RSU recolectados en mercado	112
4.4.1.4. Cantidad de RSU recolectados en unidades educativas y subcentros de salud	113
4.4.1.5. Cantidad de RSU recolectados de barrido	114
4.4.2. Generación total diaria de RSU de diferentes fuentes generadoras ..	114
4.4.3. Generación per cápita diaria total	117

4.4.3.1. Generación per cápita domiciliar	117
4.4.3.1.1. Validación de la muestra	118
4.4.3.2. Generación per cápita de otros generadores.....	122
4.4.3.3. Generación per cápita total	122
4.4.4. Generación total diaria de RSU	124
4.4.4.1. Proyección poblacional y de la generación diaria de RSU	125
4.4.5. Composición de los residuos sólidos urbanos	126
4.4.5.1. Composición de residuos reciclables	133
4.4.6. Densidad de residuos sólidos urbanos	134
CAPÍTULO 5. ALTERNATIVAS DE OPTIMIZACIÓN	139
5.1. ALTERNATIVA DE MEJORA A LA SEPARACIÓN EN LA FUENTE	139
5.1.1. Capacitación y sensibilización a la ciudadanía	139
5.1.2. Propuesta de un programa de reciclaje	142
5.1.2.1. Guía de residuos reciclables.....	142
5.1.2.2. Recolección de material reciclable.....	143
5.1.2.3. Almacenamiento de los residuos reciclables	144
5.1.2.4. Comercialización de material reciclable.....	153
5.1.2.5. Costos aproximados en separación en la fuente	155
5.2. ALTERNATIVA DE MEJORA AL TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS	156
5.2.1. Propuesta de un programa de compostaje	156
5.2.1.1. Recolección y transporte	157
5.2.1.2. Operación.....	157
5.2.1.2.1. Dimensionamiento de la zona de producción del compost ...	158
5.2.1.2.2. Recepción y almacenamiento	160
5.2.1.2.3. Pretratamiento	161
5.2.1.2.4. Tratamiento	161
5.2.1.2.5. Postratamiento	169
5.2.1.3. Utilización del compost	171
5.2.1.4. Herramientas y EPP	172

5.2.1.5. Costos aproximados del programa de compostaje	173
5.2.2. Otras alternativas a los residuos orgánicos	175
5.3. ALTERNATIVA DE MEJORA A LA DISPOSICIÓN FINAL.....	176
5.3.1. Relleno manual	176
5.3.1.1. Área del relleno manual.....	176
5.3.1.2. Celda diaria	178
5.3.1.3. Mano de obra	179
5.3.1.4. Costos de disposición final en relleno manual	181
5.3.2. Rellenos sanitarios de Tulcán y Montúfar	182
5.3.2.1. Costos de disposición final en relleno sanitario de Montúfar	182
5.3.2.2. Costos de disposición final en relleno sanitario de Tulcán	183
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	185
6.1. CONCLUSIONES	185
6.2. RECOMENDACIONES.....	191
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	193
ANEXOS.....	204

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Clasificación de los residuos sólidos	9
Tabla 2	Propiedades físicas de los RSU y su importancia	10
Tabla 3	Etapas de reproducción de moscas	13
Tabla 4	Tipos de vectores, forma de transmisión y enfermedades	16
Tabla 5	Tipos de rellenos sanitarios	26
Tabla 6	Situaciones para relleno manual o mecanizado	28
Tabla 7	Normativa nacional y local vigente sobre residuos sólidos	28
Tabla 8	Datos generales del cantón Huaca	32
Tabla 9	Uso y cobertura del suelo	34
Tabla 10	Capacidad de uso de las tierras	34
Tabla 11	Descripción de información climática	35
Tabla 12	Áreas protegidas del cantón Huaca	37
Tabla 13	Actividades económicas en el cantón Huaca	38
Tabla 14	Unidades educativas del cantón Huaca	39
Tabla 15	Acciones de las fases de la gestión de RSU estudiadas	43
Tabla 16	Componentes ambientales	44
Tabla 17	Valoración de las características de importancia del impacto	46
Tabla 18	Valoración de magnitud del impacto	47
Tabla 19	Puntaje de grupos socioeconómicos	50
Tabla 20	Subproductos de los RSU	64
Tabla 21	Distancias y tiempos a rellenos sanitarios de Tulcán y Montúfar	77
Tabla 22	Distancias, tiempos de trayecto y costos de viaje a relleno sanitario de Tulcán	78
Tabla 23	Distancias, tiempos de trayecto y costo de viaje a relleno sanitario de Montúfar	79
Tabla 24	Matriz de identificación de impactos ambientales	81
Tabla 25	Matriz de magnitud del impacto ambiental	82
Tabla 26	Matriz de importancia del impacto ambiental	83

Tabla 27	Simbología de categorización de impacto ambiental.....	84
Tabla 28	Matriz de categorización de impactos ambientales	85
Tabla 29	Tamaño de la muestra en el sector domiciliario y comercial	87
Tabla 30	Tamaño de la muestra por fuente específica	87
Tabla 31	Grupos socioeconómicos en el cantón Huaca	88
Tabla 32	Cantidad de RSU recolectados durante una semana en domicilios sector urbano	109
Tabla 33	Cantidad de RSU recolectados durante una semana en domicilios sector rural	110
Tabla 34	Cantidad de RSU recolectados durante una semana en comercios...	111
Tabla 35	Cantidad de RSU recolectados durante una semana en mercado	112
Tabla 36	Cantidad de RSU recolectados durante cinco días en unidades educativas sectores urbano y rural	113
Tabla 37	Cantidad de RSU recolectados durante una semana en subcentros de salud sectores urbano y rural	113
Tabla 38	Cantidad de RSU recolectados de tres muestras de barrido	114
Tabla 39	Cantidad diaria de RSU muestreados en fuentes específicas	114
Tabla 40	Cantidad diaria de RSU según fuentes específicas muestreadas	115
Tabla 41	Cantidad diaria total de RSU en fuentes específicas.....	115
Tabla 42	Cantidad diaria total de RSU de barrido	116
Tabla 43	Generación total diaria de RSU por fuente específica	116
Tabla 44	Generación per cápita de las viviendas muestreadas	117
Tabla 45	Parámetros de la distribución normal	118
Tabla 46	Eliminación de muestras sospechosas	118
Tabla 47	Tabla t de student	119
Tabla 48	Parámetros del muestreo validado.....	120
Tabla 49	Valores de generación per cápita domiciliar urbana y rural	120
Tabla 50	Generación total de residuos en el cantón Huaca	124
Tabla 51	Proyección poblacional y de generación de RSU.....	126
Tabla 52	Composición detallada según fuente generadora	129

Tabla 53	Comparación de los porcentajes de composición de RSU	131
Tabla 54	Comparación de composición de RSU entre ciudades de ingresos económicos medio-bajo.....	132
Tabla 55	Composición de residuos reciclables	133
Tabla 56	Densidad de los RSU domiciliar urbano y rural	135
Tabla 57	Densidad de los RSU según fuente generadora	135
Tabla 58	Comparación de densidad de los RSU reciclables con otros autores.	136
Tabla 59	Resultados de encuestas	137
Tabla 60	Resultados de caracterización RSU.....	138
Tabla 61	Recolección de residuos orgánicos y reciclables	143
Tabla 62	Tasa de recuperación de material reciclable	145
Tabla 63	Volumen que ocuparían los residuos reciclables 2025.....	146
Tabla 64	Área que ocuparían los residuos reciclables 2025	146
Tabla 65	Número de contenedores en unidades educativas.....	150
Tabla 66	Volumen de recipientes de PET y papel en unidades educativas	151
Tabla 67	Precios de comercializadoras de residuos reciclables	154
Tabla 68	Valor económico por venta de material reciclable	155
Tabla 69	Costos aproximados en propuesta de separación en la fuente	156
Tabla 70	Puntos críticos en operación de la planta de compostaje de Huaca...	164
Tabla 71	Puntos críticos y soluciones en producción del compost.....	165
Tabla 72	Consideraciones en las fases de compostaje	165
Tabla 73	Parámetros y rangos ideales en las fases de compostaje.....	166
Tabla 74	Consideraciones de relación C/N en proceso de compost	167
Tabla 75	Consideraciones de oxígeno en el proceso de compost	167
Tabla 76	Consideraciones de humedad en el proceso de compost	167
Tabla 77	Consideraciones de temperatura en el proceso de compost.....	168
Tabla 78	Consideraciones de tamaño de partícula en proceso de compost	169
Tabla 79	Consideraciones de pH en proceso de compost	169
Tabla 80	Fracciones estándar para aplicaciones del compost	170
Tabla 81	Costos aproximados por mejoras a la planta de compostaje	173

Tabla 82	Ahorro en servicio de recolección	175
Tabla 83	Área necesaria para relleno manual.....	177
Tabla 84	Mano de obra para relleno manual	180
Tabla 85	Costos aproximados de la disposición final en un relleno manual.....	181
Tabla 86	Costos aproximados de la disposición final en relleno sanitario de Montúfar	182
Tabla 87	Costos aproximados de la disposición final en relleno sanitario de Tulcán	183

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales generadores de RSU	8
Figura 2. Contaminación causada por la inadecuada gestión de residuos	13
Figura 3. Tipos de rellenos sanitarios	27
Figura 4. Mapa de ubicación del cantón San Pedro de Huaca	33
Figura 5. Mapa base del cantón San Pedro de Huaca	37
Figura 6. Plan de muestreo sector domiciliario y comercial	53
Figura 7. Recolección en mercado	54
Figura 8. Sensibilización a estudiantes y recolección en unidades educativas	56
Figura 9. Separación de subproductos	65
Figura 10. Recipiente para densidad	66
Figura 11. Determinación de la densidad de residuos	67
Figura 12. Separación en la fuente en domicilios	68
Figura 13. Inadecuada separación de RSU y deterioro de contenedores	69
Figura 14. Vía principal del cantón Huaca	69
Figura 15. Separación en la fuente en mercado	70
Figura 16. Separación en la fuente en unidades educativas.....	71
Figura 17. Separación en la fuente en subcentros de salud	72
Figura 18. Ubicación de la planta de compostaje	73
Figura 19. Residuos inorgánicos mezclados con orgánicos	74
Figura 20. Presencia de lixiviado junto al material compostado.....	75
Figura 21. Material reciclable en relleno sanitario de Tulcán	76
Figura 22. Distancias a rellenos sanitarios Tulcán y Montúfar	77
Figura 23. Distancias desde fin de rutas de recolección del cantón Huaca al relleno sanitario de Tulcán	78
Figura 24. Distancias desde fin de rutas de recolección del cantón Huaca al relleno sanitario de Montúfar	79
Figura 25. Acciones de las fases de gestión de residuos	84
Figura 26. Categorización de impactos ambientales	86

Figura 27. Nivel socioeconómico zona urbana y rural	88
Figura 28. Separación de residuos en domicilios	90
Figura 29. Razones para no separar los residuos en domicilios	91
Figura 30. Tipos de recipientes para almacenar los residuos	92
Figura 31. Participación en programa de separación en la fuente	92
Figura 32. Frecuencia de entrega al recolector	93
Figura 33. Servicio de recolección actual	94
Figura 34. Existencia de basurales en el cantón	94
Figura 35. Conocimiento del lugar de disposición final	95
Figura 36. Tarifa de recolección	96
Figura 37. Consideraciones de la tarifa de recolección	96
Figura 38. Tarifa máxima por el manejo de residuos	97
Figura 39. Separación de residuos en comercios	97
Figura 40. Razones para no separar los residuos en comercios	98
Figura 41. Tarifa de recolección en comercios	98
Figura 42. Tarifa máxima en comercios.....	99
Figura 43. Separación de residuos en mercado	99
Figura 44. Razones para no separar los residuos en mercado.....	100
Figura 45. Separación de residuos en unidades educativas.....	101
Figura 46. Razones para no separar los residuos en unidades educativas	101
Figura 47. Problemas en almacenamiento temporal.....	102
Figura 48. Capacitación de manejo de residuos en unidades educativas.....	102
Figura 49. Separación de residuos en subcentros de salud	104
Figura 50. Tipos de residuos que más se generan	105
Figura 51. Conocimiento del abono orgánico en la población.....	105
Figura 52. Manejo de residuos orgánicos.....	106
Figura 53. Separación de residuos en el cantón Huaca	106
Figura 54. Observaciones del material reciclable	107
Figura 55. Recuperación de materiales reciclables	107
Figura 56. Conocimiento de reciclaje en la población.....	108

Figura 57. Valores de generación per cápita del muestreo validado.....	121
Figura 58. Resultados GPC urbana y domiciliar ALC 2010	123
Figura 59. Porcentaje de la cantidad de residuos por fuente de generación.....	125
Figura 60. Composición de los RSU según fuente generadora	127
Figura 61. Composición de RSU domiciliar en la zona urbana	128
Figura 62. Composición de RSU domiciliar en la zona rural	128
Figura 63. Composición detallada de los RSU	130
Figura 64. Composición global de los RSU en el cantón San Pedro de Huaca .	132
Figura 65. Composición de material reciclable	134
Figura 66. Material reciclable clasificado en un centro de acopio	147
Figura 67. Compostaje en pilas	163
Figura 68. Método del puño.....	168
Figura 69. Herramientas para tamizar el compost	170
Figura 70. Dimensiones de la celda diaria.....	179

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1	Formato de encuesta socioeconómica	205
ANEXO 2	Formato de encuestas por fuente de generación	208
ANEXO 3	Membrete de identificación de comercios y viviendas	214
ANEXO 4	Tríptico para clasificación de residuos	216
ANEXO 5	Guía de clasificación de residuos para unidades educativas y subcentros de salud	219
ANEXO 6	Matrices de extensión, reversibilidad y duración	221
ANEXO 7	Puntajes de encuesta socioeconómica por vivienda	224
ANEXO 8	Resultados de encuesta socioeconómica	226
ANEXO 9	Rutas de recolección de residuos no aprovechables del cantón San Pedro de Huaca	230
ANEXO 10	Resultados de la encuesta de manejo de residuos aprovechables	232
ANEXO 11	Hojas de campo del muestreo de la cantidad de RSU en fuentes específicas	234
ANEXO 12	Hojas de campo de datos de la composición de RSU	238
ANEXO 13	Hojas de campo de datos de la densidad de RSU	241
ANEXO 14	Guía de residuos reciclables	243
ANEXO 15	Cálculos del área y volumen del lugar de acopio para residuos reciclables	268
ANEXO 16	Dimensiones de la zona de producción del compost	271
ANEXO 17	Hoja de control del proceso de compostaje	273
ANEXO 18	Cálculos del área necesaria para un relleno manual	275
ANEXO 19	Registro fotográfico	278

SIMBOLOGÍA Y SIGLAS

ALC	América Latina y el Caribe
CC	Capacidad de campo
CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
bmhM	Bosque muy húmedo montano
BARR	Barrido
C+	Medio típico
C-	Medio bajo
cm	Centímetros
C/N	Carbono/Nitrógeno
COM	Comercial
D	Densidad
DBO₅	Demanda bioquímica de oxígeno
DOM	Domiciliar
EDU	Unidades educativas
EMAs	Microorganismos eficientes autóctonos
EPP	Equipo de protección personal
gal	Galones
GAD-M	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal
GIRSU	Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos
GPC	Generación per cápita
h	Hora
ha	Hectárea
HDPE	Polietileno de alta densidad
IGM	Instituto Geográfico Militar
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
kg	Kilogramos
kg/hab*día	Kilogramos por habitante por día

km	Kilómetros
LDPE	Polietileno de baja densidad
MAE	Ministerio de Ambiente
MER	Mercado
m	Metros
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
min	Minutos
mm	Milímetros de agua
msnm	Metros sobre el nivel del mar
NSE	Nivel socioeconómico
OPS	Organización Panamericana de Salud
PDOT	Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial
PEA	Población económicamente activa
PET	Polietileno tereftalato
pH	Potencial de hidrógeno
PNGIDS	Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
PVC	Policloruro de vinilo
RNA	Residuos no aprovechables
RORG	Residuos orgánicos
RREC	Residuos reciclables
RSD	Residuos sólidos domiciliarios
RSU	Residuos sólidos urbanos
SSALUD	Subcentros de salud
SV	Sólidos volátiles
t	Toneladas
U	Unidad

RESUMEN

El presente trabajo de titulación es una propuesta de optimización de las fases de separación en la fuente, tratamiento y disposición final de los RSU en el cantón San Pedro de Huaca. Para su desarrollo, primero se estableció la descripción del área de estudio mediante recopilación bibliográfica, luego se realizó el diagnóstico de la gestión actual, para ello se inspeccionaron las fuentes de generación: domiciliar (urbano- rural), comercial, mercado, unidades educativas, subcentros de salud y barrido; se aplicó dos encuestas: socioeconómica y de manejo de residuos, y se utilizó la matriz de Leopold para evaluar el impacto ambiental. Además, se visitó la planta de compostaje y se realizaron recorridos desde el cantón Huaca hacia los rellenos sanitarios más cercanos Tulcán y Montúfar para el registro de distancias y tiempos de trayecto. Por último, utilizando la guía para caracterización de residuos sólidos del CEPIS/OPS y norma mexicana NMX-AA-61-1985 se determinó la generación per cápita, cantidad, composición y densidad de los RSU.

A partir del trabajo en campo se obtuvo que un 42% de las personas no separan los residuos y un 58% sí lo realiza, de este valor el 35% clasifica en orgánicos y no aprovechables y un 23% separa el material reciclable. Las principales razones para no separar los residuos corresponden al tiempo que requiere (75% zona rural, 71% comercios, 50% mercado, 35% sector urbano, 33% unidades educativas) y desconocimiento del tema (67% unidades educativas, 41% zona urbana, 22% mercado, 17% sector rural). Del 23% del material reciclable separado, el 16% se acumula y entrega correctamente, 4% se quema y 3% se mezcla en la recolección. En el sector rural los residuos orgánicos son aprovechados en un 52% como abono orgánico y un 48% en alimento para animales. Con respecto a la evaluación de impacto ambiental, se determinó que la fase que presenta mayor valor de impacto negativo sobre los factores ambientales es el tratamiento de residuos orgánicos causando proliferación de vectores, emisión de olores, producción de lixiviados, afectación al suelo, calidad visual, salud y seguridad.

Las encuestas socioeconómicas establecieron un nivel medio típico (C+) para la zona urbana y un estrato medio bajo (C-) para el sector rural. Mediante el muestreo directo, se determinó una GPC_{TOTAL} igual a 0.547 kg/hab*día, constituida por la GPC_{DOM} igual a 0.463 kg/hab*día y $GPC_{OTROS\ GENERADORES}$ de 0.084 kg/hab*día, la cantidad de residuos corresponde a 4691.17 kg/día. La composición mostró un 68.07% de residuos orgánicos, 17.28% de residuos no aprovechables y 14.62% de residuos reciclables (4.26% cartón, 2.22% papel, 2.12% PET, 1.56% vidrio, 1.24% LDPE, 1.14% HDPE, 0.77% PP, 0.66% metal, 0.65% Tetrapak). Se obtuvo una densidad global de 152 kg/m³, y por tipo de residuos se determinó 297 kg/m³, 75 kg/m³ y 68 kg/m³ para los residuos orgánicos, reciclables y no aprovechables, respectivamente. Para la disposición final, se determinó una menor distancia recorrida al relleno sanitario de Tulcán de 172 km con un tiempo de trayecto de 5 horas y 26 minutos, y un costo en combustible de \$31.59 a la semana.

Las alternativas propuestas corresponden a capacitación y sensibilización usando como herramienta la guía “Reflexiona, reduce, reutiliza y recicla” que se elaboró y que contiene temas de consumo responsable, 3Rs, tipos de residuos reciclables y su entrega correcta; un programa de reciclaje con una ganancia anual de \$4713.7 por la venta de los residuos, una recuperación de 9.82% si se realizan las capacitaciones en el sector domiciliario urbano, comercial y unidades educativas, y el dimensionamiento de un lugar de acopio con un volumen de 89 m³/semanal.

El programa de compostaje consiste en un tratamiento aerobio con volteo manual en un área de 1305 m², con 56 pilas, dos trabajadores y la adición de la solución madre de microorganismos eficientes autóctonos (EMAs) para disminuir el tiempo de maduración a 15 semanas, considerando el clima ecuatorial frío de alta montaña; disminuyendo un 41% de los residuos depositados en el relleno y ahorrando \$3256.70 al año en el servicio de recolección. Se estableció, además, información del área de un relleno manual igual a 1.6 ha, celda diaria de 14.2 m², tres trabajadores, y costos de disposición final de \$139622.06 para un relleno manual, \$101700.61 en el relleno del cantón Montúfar y \$67758.84 en Tulcán,

estableciendo como la mejor alternativa de disposición final al relleno sanitario de Tulcán.

Palabras clave: disposición final, residuos sólidos urbanos, separación en la fuente, tratamiento.

ABSTRACT

The present thesis project is a proposal for the optimization of source separation, treatment, and final disposal of municipal solid waste in San Pedro de Huaca. For its development, first, the study area description was established by bibliographic compilation, then, the diagnosis of current management was made, for this, the sources of generation: domiciliary (urban-rural), commercial, market, schools, health subcenters, and swept were inspected; two surveys: socioeconomic and waste management were applied, and the Leopold matrix was used to assess environmental impacts. Also, the composting plant was visited, and trips were made from Huaca to the closest landfills Tulcán and Montúfar to record distances and travel time. Ultimately, the per capita generation, amount, composition, and density of MSW were determined using the solid waste characterization guide from CEPIS/OPS and Mexican policy NMX-AA-61-1985.

With the work in the field, it was obtained that 42% of people don't separate waste and 58% do, of this value, 35% classify as organic and unusable, and 23% separate recycle material. The main reasons for not separating waste correspond to the time it takes (75% rural zone, 71% commercial, 50% market, 35% urban zone, 33% schools), and ignorance of subject (67% schools, 41% urban zone, 22% market, 17% rural zone). Of the 23% recyclable material separated, 16% of it is accumulated and gave correctly, 4% is burned, and 3% is mixed in the collection. In the rural zone, 52% of organic waste is used as organic fertilizer and 48% in animal feed. Regarding the environmental impact assessment, it was determined that the phase with the highest negative impact value on environmental factors was the treatment of organic waste, causing vector proliferation, odor emission, leachate production, soil damage, visual quality, health, and security.

The socioeconomic surveys established a typical-middle socioeconomic level (C+) for the urban area and a low-middle socioeconomic level for the rural zone. Through direct sampling, a GPC_{TOTAL} equal to 0.547 kg/inhab*day was determined,

constituted by GPC_{DOM} equal to 0.463 kg/inhab*day, and $GPC_{OTHER SOURCES}$ of 0.084 kg/inhab*day. The amount of waste corresponds to 4691.17 kg/day. The composition showed 68.07% of organic waste, 17.28% of unusable waste and 14.62% recyclable waste (4.26% cardboard, 2.22% paper, 2.12% PET, 1.56% glass, 1.24% LDPE, 1.14% HDPE, 0.77% PP, 0.66% metal, 0.65% tetrapak). The overall waste density was 152 kg/m³, and by type of waste, 297 kg/m³, 75 kg/m³, and 68 kg/m³ were determined for organic, recyclable, and unusable waste, respectively. For final disposal, a shorter distance traveled to the Tulcán landfill of 172 km was determined with a travel time of 5 hours and 26 minutes, and a fuel cost of \$31.59 per week.

The proposed alternatives correspond to training and awareness using as a tool the guide "Reflect, reduce, reuse and recycle" that was developed, and that contains topics of responsible consumption, 3Rs, types of wastes, and its correct gave; a recycling program with an annual profit of \$4713.7 for sale of waste, a recovery of 9.82% if the training is carried out in the urban domiciliary zone, commercial and schools, and the dimensioning of a collection place with a volume of 89 m³/week.

The composting program consists of aerobic treatment with manual turning in an area of 1305 m² with 56 piles, two workers, and the use of the stock solution of efficient autochthonous microorganisms EMAs to optimize ripening time to 15 weeks, considering the climate cold equatorial type of high mountain; reducing 41% of the waste deposited in the landfill, and saving \$3256.70 per year in collection service. Also, information was established on the area of a manual landfill equal to 1.6 ha, cell of 14.2 m², three workers, and final disposal costs of \$139622.06 for manual landfill, \$101700.61 in the Montúfar landfill, and \$67758.84 in Tulcán, establishing the sanitary landfill of Tulcán as the best final disposal alternative.

Key words: final disposal, municipal solid waste, source separation, treatment.

PRESENTACIÓN

El presente proyecto de titulación constituye una propuesta de optimización de las fases de separación en la fuente, tratamiento y disposición final de los RSU del cantón Huaca. El trabajo incluye seis capítulos, conformados de la siguiente manera:

El primer capítulo detalla los antecedentes, objetivos, alcance y justificación del presente proyecto.

El segundo capítulo corresponde al marco teórico que contiene, definición de residuos/desechos, clasificación, propiedades, impactos ambientales, gestión integral de residuos sólidos urbanos, fases de la GIRSU y marco legal.

En el tercer capítulo se describe la metodología desarrollada que consta de una descripción del área de estudio, un diagnóstico de la gestión actual en las fases de separación en la fuente, tratamiento y disposición final. Además, se detalla el procedimiento para la caracterización en las diferentes fuentes de generación: domiciliar, comercial, mercado, unidades educativas, subcentros de salud y barrido.

El cuarto capítulo muestra los resultados y análisis de las visitas in situ, encuestas, matriz de Leopold y caracterización de los residuos que incluye generación per cápita, cantidad, composición y densidad de los RSU.

El quinto capítulo presenta las alternativas de optimización para mejorar la separación en la fuente, tratamiento de residuos orgánicos y disposición final. Incluye capacitación y sensibilización, programa de reciclaje y compostaje, información base del relleno manual, y costos de disposición final.

Finalmente, el sexto capítulo contiene las conclusiones y recomendaciones generadas en base al desarrollo del proyecto.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

En los últimos años la generación de residuos ha crecido desmesuradamente debido al desarrollo tecnológico, económico, cambios culturales de consumo y crecimiento de la población (Hernández & Corredor, 2016). La gestión de residuos se ha convertido en un desafío importante para autoridades de grandes y pequeñas ciudades, ya que es compleja e implica elevados costos (Abdel-Shafy & Mansour, 2018). Además, su inadecuada gestión deteriora la calidad de aguas superficiales y subterráneas, afecta la calidad del aire, desvaloriza el suelo, da lugar a la proliferación de vectores y generación de olores, llegando a ser una amenaza para la salud humana y el ambiente (Rondón et al., 2016).

En América Latina y El Caribe en el año 2016 se generó 231 millones de toneladas de residuos, con una tasa media per cápita de 0,99 kg/hab*día (Kaza et al., 2018). Mientras que, según información del MAE-PNGIDS en el Ecuador se generó 11341 t/día de residuos en el 2014, es decir un aproximado de 4.1 millones de t/año, con un valor per cápita promedio de 0,57 kg/día (IRR, 2015); que para el año 2017 ascendió a 0,86 kg por día (Arguello, 2018).

La problemática de los residuos se ha tratado de solucionar con la implementación de la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU), orientada a la minimización, reúso y separación desde la fuente generadora, con eficiente recolección, tratamiento y disposición final (Salgado, 2012). La GIRSU en el Ecuador la impulsa el MAE, con el Programa Nacional de Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS). Sin embargo, existen cantones que presentan problemas en algunas etapas de la gestión. La fase de separación en la fuente, por ejemplo, se ve aún incipiente debido a la poca colaboración de usuarios,

generadores, por deficientes políticas y estrategias de los municipios y por la falta de conciencia ambiental de las dos partes (Sáez et al., 2014).

En el Ecuador, en el año 2017, 80 Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (GAD-M) iniciaron y/o mantuvieron programas de separación en la fuente, es decir, el 36.5% de la totalidad de municipios a nivel nacional. Estos procesos, se realizaron en sitios específicos, barrios pilotos o en toda la ciudad (Arguello, 2018). Otra de las fases de la GIRSU que ha generado problemas es el tratamiento, refiriéndose específicamente para este estudio al compostaje. El MAE-PNGIDS señala que el 40% de los GAD-M desarrollan procesos de aprovechamiento de residuos orgánicos (IRR, 2015). Sin embargo, el proceso puede generar impactos negativos como contaminación de agua (lixiviados), suelo (compost con metales pesados) y olores fuertes por descomposición de materia orgánica no controlada (Röben, 2002b).

La disposición final, última fase de la GIRSU, sigue siendo uno de los problemas más difíciles de resolver en el manejo, por sus costos e implicaciones técnicas y ambientales (Tello et al., 2018). En el Ecuador se reportó que el 45,7% de los GAD-M disponen los RSU en rellenos sanitarios, el 28,8% en celdas emergentes y el 25,6% en botaderos (Arguello, 2018). El PNGIDS tiene como objetivo, garantizar una adecuada disposición final de los desechos, evitando problemas de residuos en quebradas, terrenos baldíos, quema de desechos, vectores de contaminación ambiental, afectación a las fuentes de agua y calidad del aire; debido a que los sitios de disposición final son un punto débil en la gestión de los residuos (Bernache, 2012).

El cantón San Pedro de Huaca, no ha realizado un estudio de caracterización de los RSU, para conocer su composición y cantidad, elementos fundamentales para la implementación de la GIRSU. Por lo tanto, las fases de separación en la fuente, tratamiento y disposición final no se están ejecutando correctamente. La separación en la fuente se inició hace cinco años aproximadamente, en barrios

piloto (Norte, Centro, Sur y Pajablanca) y debido al descuido en su gestión, el programa no incluyó otros barrios (Vásquez, 2015). La falta de campañas e incentivos ha provocado desinterés en la población para realizar esta práctica, y actualmente los residuos se separan incorrectamente. Así, la oportunidad de dar mayor valor agregado a los residuos con la reutilización, reciclaje, compostaje, entre otros, no tiene lugar (Santiago et al., 2017).

Además, el cantón de interés para este proyecto, tiene una planta de compostaje que no cubre la capacidad de residuos orgánicos generados y no se opera técnicamente, lo que genera problemas como: lixiviados, olores, vectores que pueden afectar al ambiente y salud de la población (Rodríguez & Córdova, 2006). Finalmente, el cantón Huaca no tiene un sitio de disposición final en su territorio, lo que ha llevado a la autoridad a firmar convenios para que los residuos generados sean recibidos en el relleno sanitario del cantón Tulcán, el último convenio fue firmado en el mes de diciembre de 2019 y tiene un plazo de dos años.

En este contexto, el presente estudio aportará alternativas para optimizar la implementación de la GIRSU en el cantón San Pedro de Huaca en las fases de separación en la fuente, tratamiento y disposición final. En primera instancia se realizará un diagnóstico de la gestión actual y un levantamiento de información para caracterización de residuos. Posteriormente, se elaborará una guía de residuos reciclables, se brindará una alternativa de mejora a la planta de compostaje y finalmente se establecerán distancias, tiempos y costos a rellenos sanitarios más cercanos del cantón a fin de proponer la mejor opción para la disposición final. Este estudio será un instrumento de toma de decisiones para el GAD-M y con esta propuesta, se espera inducir a la mejora de las condiciones ambientales y calidad de vida de la población.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Optimizar las fases de separación en la fuente, tratamiento y disposición final de los RSU del GAD-M San Pedro de Huaca, mediante información obtenida en campo y la recopilación de información existente. De esa manera se procura incrementar la eficiencia del sistema municipal, para favorecer a la comunidad y al ambiente.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar los residuos sólidos urbanos generados, mediante muestreo directo, utilizando la guía del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencia del Ambiente (CEPIS/OPS) y normas mexicanas; para identificar cantidad, composición y densidad de los RSU.
- Elaborar una guía de residuos reciclables, utilizando la información obtenida en campo, para mejorar la separación en la fuente.
- Formular una alternativa de mejora al tratamiento de los residuos orgánicos, mediante compostaje aerobio, para optimizar su tratamiento y evitar los problemas ambientales causados.
- Establecer alternativas para la disposición final de los RSU, mediante el análisis de distancias y tiempos de trayecto, generación per cápita, costos e información base de un relleno sanitario manual; para seleccionar la mejor alternativa de disposición de los residuos generados en el cantón Huaca.

1.3. ALCANCE

El presente estudio se centra en el manejo de RSU del cantón San Pedro de Huaca, en las fases de separación en la fuente, tratamiento y disposición final. Este proyecto, iniciará con la recopilación y revisión bibliográfica, luego se realizará un levantamiento de información para elaborar la línea base de la gestión actual, mediante trabajo en campo, encuestas y realizando visitas in situ. Se efectuará un muestreo directo utilizando la guía del CEPIS/OPS para obtener información de caracterización, identificando cantidad, composición y densidad de los RSU. Se

tomarán muestras de diferentes fuentes de generación como: domiciliar, comercial, mercado municipal, dos unidades educativas, dos subcentros de salud y barrido.

Con la información obtenida se conocerá la cantidad de residuos que se genera en el cantón, el porcentaje de residuos orgánicos (con posibilidad de ser sometidos a un proceso de compostaje), el porcentaje de residuos que pueden ser reciclados y la cantidad de desechos que deberán ser enterrados en el relleno sanitario. Además, se elaborará una guía de residuos reciclables, se dimensionará la zona de producción del compost y se brindará información técnica para optimizar el tratamiento de residuos orgánicos. Finalmente, se entregará distancias, tiempos de trayecto y costos a rellenos sanitarios más cercanos del cantón; aportando con alternativas que optimicen la gestión de residuos y sirvan al GAD-M Huaca, para la toma de decisiones e implementación de las propuestas si las consideran pertinentes.

1.4. JUSTIFICACIÓN

El manejo de los residuos se ha convertido en un problema importante para las ciudades, debido al incremento de su cantidad, impactos ambientales generados, falta de compromiso de autoridades y población, ocasionando una gestión ineficiente (Puerta, 2004). En torno a estos problemas, los municipios, se han visto obligados a estudiar propuestas donde se incluyan acciones para una adecuada GIRSU, como áreas de reciclaje, compostaje y disposición final técnica de los residuos (Fornieles, 2006).

La GIRSU es responsabilidad de los GAD-M, si una etapa del manejo no se cumple eficientemente afecta de manera directa a las otras, ocasionando una gestión inadecuada. Por este motivo, se considera que la sensibilización en la fuente generadora para separar sus residuos, las actividades de aprovechamiento como reciclaje y compostaje, y una disposición final sanitaria y ambientalmente adecuada permiten mejorar la GIRSU (Sáez et al., 2014). Por lo tanto, es necesario establecer

alternativas que optimicen e involucren a autoridades y ciudadanía, con el fin de buscar soluciones a los problemas presentados y mejorar las fases de separación en la fuente, tratamiento y disposición final en el cantón San Pedro de Huaca.

Para la elaboración del presente trabajo se efectuará un diagnóstico de las fases en estudio mediante revisión bibliográfica, visita de campo y aplicación de encuestas. Además, se identificará los problemas ambientales causados por el inadecuado manejo de los residuos utilizando la matriz de Leopold, ya que es un método apropiado para estimar la evaluación de impacto ambiental por su fácil aplicación y utilidad para este tipo de proyectos (Pinto, 2007).

La caracterización de residuos es el paso inicial para la toma de decisiones y análisis de alternativas para una gestión eficiente (Karak et al., 2012), para ello se determinará esta información mediante la identificación de una muestra representativa utilizando la metodología desarrollada por el doctor Kunitoshi Sakurai, que ha sido ampliamente aplicada en este tipo de estudios. Luego la cantidad, composición y densidad serán determinadas por el método establecido del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, que realiza un muestreo directo en la fuente de generación (CEPIS/OPS, 2005). Una vez obtenida la información de caracterización de los residuos se procederá a realizar su respectivo análisis para presentar las alternativas de optimización a las fases de separación en la fuente, tratamiento y disposición final.

Para la primera fase se recomendará capacitación y sensibilización, un programa de reciclaje y se elaborará una guía de residuos reciclables, que permitirá mejorar la separación en la fuente (Knust & Polo, 2018). Para el tratamiento de los residuos orgánicos se presentará información del método aerobio de compostaje en pilas y se propone el uso de activadores EMAs para optimizar su tiempo de maduración, así como de consideraciones técnicas para evitar los problemas de lixiviados, moscas y olores (Román et al., 2013). Finalmente, para los residuos que no hayan sido aprovechados, se analizará las opciones de disposición en rellenos sanitarios

más cercanos Tulcán y Montúfar obteniendo las distancias, tiempos de trayecto y costos, y como aporte se entregará información base de un relleno manual.

El desarrollo de este proyecto tiene el propósito de entregar información de caracterización de residuos, como cantidad, composición y densidad, tasa de generación per cápita y alternativas que optimicen la gestión residuos en el cantón San Pedro de Huaca. Además, el estudio servirá como una herramienta práctica y útil para la toma de decisiones por parte del GAD-M, así como también para otros municipios que presenten características y problemas similares al cantón de estudio. De esta manera se beneficia a la ciudad con un adecuado manejo de los RSU en estas tres etapas, disminuyendo los impactos a la salud y ambiente, mejorando la calidad de vida de la población.

CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO

2.1. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

La gestión de los RSU representa un problema en todas las actividades que involucran su manejo, sea a nivel de planificación local, nacional y/o mundial (Sáez et al., 2014). El presente proyecto abordará la gestión de los RSU en tres fases: separación en la fuente, tratamiento y disposición final. Los residuos o desechos se definen como materiales, objetos, sustancias sólidas, semisólidas, líquidas o gaseosas resultantes de la utilización o consumo de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios (MAE, 2015).

Se puede utilizar el término residuo o desecho, pero un residuo no tiene valor para quien lo genera, sin embargo, es susceptible de valorización y transformación en un nuevo bien con un valor económico agregado (MAE, 2015). Mientras que, un desecho no es susceptible de aprovechamiento y va directamente a su eliminación o disposición final (COA, 2017). En la figura 1, se puede observar diferentes fuentes de generación de residuos sólidos urbanos.

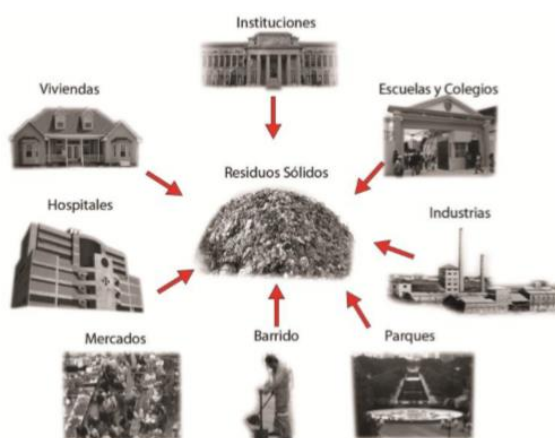


Figura 1. Principales generadores de RSU

Fuente: Castillo (2012)

Los residuos sólidos urbanos se definen como aquellos que proceden de actividades domésticas, institucionales, comerciales, de mercados y de cualquier otra actividad al interior de edificaciones o en la vía pública, que genere residuos con características de tipo doméstico (Jiménez, 2015).

2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

En la tabla 1, se presenta varios tipos de residuos de acuerdo con diferentes criterios.

Tabla 1

Clasificación de los residuos sólidos

TIPOS DE RESIDUOS SÓLIDOS	
Según su origen	Según su grado de descomposición
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Doméstico ▪ Institucional ▪ Comercial ▪ Servicios Municipales ▪ Construcción y demolición ▪ Industriales ▪ Zonas de Plantas de tratamiento ▪ Agrícolas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Biodegradables: son aquellos que se transforman en micronutrientes por microorganismos descomponedores. Ejemplo: residuos orgánicos. ▪ No biodegradables: no se pueden transformar en micronutrientes porque están formados de recursos naturales no renovables. Ejemplos: plásticos, latas, chatarra y vidrio.
Según su uso y disposición final	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Residuos orgánicos: pueden descomponerse naturalmente y de manera rápida, transformándose en otro tipo de material, como abono orgánico. Ejemplos: residuos de alimentos, frutas y verduras, estiércol de animales y residuos de jardinería. ▪ Residuos Reciclables: residuos sólidos susceptibles a ser aprovechados, pueden volver a transformarse en materia prima para la fabricación de nuevos productos. Ejemplos: papel, vidrio, cartón, plástico y objetos metálicos. ▪ Residuos No Reciclables/No Aprovechables/Desechos: residuos sólidos no susceptibles a ser aprovechados, no pueden volver a usarse debido a su deterioro o contaminación y deben ir a su disposición final. Ejemplos: pañales, papel higiénico, toallas sanitarias, empaques sucios de alimentos, barrido de calles, entre otros. 	

Fuente: INEN (2014), Puerta (2004)

Elaborado por: Fuertes (2020)

2.3. PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS

Las propiedades de los RSU se deben considerar en el desarrollo y diseño de sistemas de gestión de residuos sólidos.

2.3.1. PROPIEDADES FÍSICAS

Las propiedades físicas más importantes de los RSU se establecen en la tabla 2.

Tabla 2

Propiedades físicas de los RSU y su importancia

PROPIEDAD	DESCRIPCIÓN	IMPORTANCIA
Peso específico o densidad	Es el peso de los residuos sueltos en función del volumen ocupado libremente, sin compactación, se expresa en kg/m ³ . Depende del grado de compactación y varía según el clima, ubicación geográfica y tiempo de almacenamiento.	Para conocer las capacidades de los sistemas de recolección y disposición final.
Contenido de humedad	Es la cantidad de agua que los residuos sólidos contienen, se expresa como porcentaje de su peso. Este parámetro varía en función de las precipitaciones y estaciones.	Es importante porque se relaciona con la producción de lixiviados en la disposición final.
Tamaño de partícula	Influye en los procesos de cribas, trómel y separadores magnéticos. En el compostaje es un factor que influye en el tiempo descomposición de los residuos.	Dentro de la recuperación de materiales para reciclaje y compostaje.
Capacidad de campo (CC)	Es la cantidad de humedad que puede ser retenida por una muestra de residuos sometida a la acción de la gravedad, varía con el estado de descomposición y el grado de presión aplicada.	Permite determinar la formación de lixiviados en rellenos sanitarios. Humedad > CC lixiviados Humedad < CC no lixiviados
Permeabilidad	Determina el transporte de líquidos en un relleno sanitario y plantas de compostaje. Depende de la densidad y compactación de los residuos.	Rige el movimiento de gases y líquidos dentro de un relleno sanitario.

Fuente: Larrea (2018), Tchobanoglous et al. (1994), Monteiro et al. (2006)

Elaborado por: Fuertes (2020)

2.3.2. PROPIEDADES QUÍMICAS

La información de las propiedades químicas de los RSU es importante para evaluar las opciones de procesamiento y recuperación (Tchobanoglous et al., 1994)

2.3.2.1. Potencial de hidrógeno (pH)

El potencial de hidrógeno mide la acidez o alcalinidad de los residuos. Por lo general se sitúa en un rango de 5 a 7 (Monteiro et al., 2006).

2.3.2.2. Composición química

El análisis elemental implica determinar el porcentaje de: C (carbono), H (hidrógeno), N (nitrógeno), O (oxígeno), S (azufre) y ceniza (Tchobanoglous et al., 1994). Los resultados se utilizan para caracterizar la composición química de la materia orgánica en los RSU y poder determinar el riesgo para la salud humana y el ambiente, para evaluar opciones de procesamiento y aprovechamiento, y para determinar la mezcla correcta de materiales para una óptima relación C/N para los procesos de compostaje (Rollandi, 2006).

Cuando los residuos orgánicos se van a utilizar para elaboración de productos biológicos de conversión, tales como compost, metano o etanol, es importante tener información de los nutrientes esenciales que se encuentran en mayor y menor cantidad, para valorar el uso final que pueden tener los materiales restantes y la disponibilidad de nutrientes para microorganismos.

- Macronutrientes: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre.
 - Micronutrientes: hierro, zinc, manganeso, boro, cobre, molibdeno y cloro.
- (González & Medina, 2014).

2.3.2.3. Relación carbono/nitrógeno (C/N)

La relación C/N es un parámetro que evalúa la calidad de los restos orgánicos de los suelos y sirve para determinar si un proyecto es viable para compostaje. Para un correcto crecimiento bacteriano es necesario la presencia de nutrientes, siendo estos el carbono como fuente de energía y el nitrógeno como elemento para la síntesis proteica (Tello et al., 2018). El nitrógeno es un factor limitante al ser un elemento minoritario con respecto al carbono (58%). La relación C/N indica el grado de descomposición de la materia orgánica de los residuos sólidos en los procesos de tratamiento y disposición final (Guasco & Jaramillo, 2015).

2.3.3. PROPIEDADES BIOLÓGICAS

La característica biológica más importante de la fracción orgánica de los RSU es que casi todos los elementos orgánicos pueden cambiar biológicamente en sólidos y gases orgánicos e inorgánicos relativamente inertes (Tchobanoglous et al., 1994).

2.3.3.1. Biodegradabilidad de componentes de los residuos orgánicos

Es la capacidad que tiene un compuesto para ser degradado mediante la actuación de microorganismos. Una medida de biodegradabilidad frecuente es el contenido de sólidos volátiles (SV), determinado a 550°C. Sin embargo, el uso de SV es erróneo porque algunos de los constituyentes orgánicos de los RSU son altamente volátiles pero tienen baja biodegradabilidad, por ejemplo, el papel periódico (Tchobanoglous et al., 1994).

Se puede usar el contenido de lignina, alternativamente, para determinar la fracción biodegradable, los residuos con alto valor son significativamente menos biodegradables. La velocidad de degradación varía notablemente, los componentes principales de los residuos orgánicos con frecuencia se clasifican como descomposición rápida y lenta (Tchobanoglous et al., 1994).

2.3.3.2. Producción de olores

La producción de olores se debe a la descomposición anaerobia relacionada con las propiedades biológicas y a la naturaleza putrescible de los RSU, los olores aumentan cuando los residuos se almacenan durante un período largo de tiempo "in situ" antes de su recolección. (Rollandi, 2006).

2.3.3.3. Reproducción de moscas

La reproducción de moscas es un tema importante para el almacenamiento in situ de residuos, principalmente en verano. Las moscas desde la etapa larval (gusano) en el almacenamiento son un problema ya que son difíciles de quitar de los contenedores. Los gusanos que quedan se desarrollan hasta convertirse en

moscas (Tchobanoglous et al., 1994). El desarrollo de una mosca común se describe en la tabla 3.

Tabla 3

Etapas de reproducción de moscas

Etapa	Tiempo
Desarrollo de los huevos	8-12 horas
1ra etapa del período larval	20 horas
2da etapa del período larval	24 horas
3ra etapa del período larval	3 días
Crisálida	4-5 días
Total	9-11 días

Fuente: Tchobanoglous et al. (1994)

Elaborado por: Fuertes (2020)

2.4. EFECTOS DE LA INADECUADA GESTIÓN DE LOS RSU

La mala gestión de los residuos causa efectos ambientales como deterioro del paisaje, contaminación de agua, suelo y aire, daños al componente biótico y a la salud de la población, estos problemas conllevan considerables costos económicos y sociales (Sáez et al., 2014). En la figura 2 se observa algunos problemas ambientales causados por la gestión ineficiente de los residuos sólidos.



Figura 2. Contaminación causada por la inadecuada gestión de residuos

Fuente: MINAM (2016)

2.4.1. IMPACTOS SOBRE EL AIRE

Las fuentes de degradación de la calidad del aire se producen debido a tecnologías de conversión térmica (incineración, pirólisis, gasificación, y otras), por el humo de la quema incontrolada a cielo abierto de residuos sólidos (Escalona, 2014); y gases generados por la descomposición de desechos, como el metano que contribuye al cambio climático al ser un gas de efecto invernadero. Los impactos sobre el ambiente y la salud emergen por emisiones gaseosas (NO_x, SO₂, CO) y material particulado (EPA, 2018). Dentro de los impactos al aire también se tiene las molestias por olores pestilentes que generan los residuos en ausencia de oxígeno (Jaramillo, 2002).

La formación de dioxinas y furanos es un caso especial, estos gases producto de los procesos de incineración de compuestos clorados, una vez liberados a la atmósfera, se depositan sobre el suelo y la vegetación, se degradan muy lentamente y persisten durante muchos años en el ambiente, llegando a acumularse en los organismos e ingresar en la cadena alimenticia (Muñoz, 2008).

2.4.2. IMPACTOS EN EL AGUA

La contaminación del agua se presenta en botaderos a cielo abierto o incluso en rellenos sanitarios diseñados u operados sin normas técnicas. Los lixiviados son sustancias líquidas procedentes de la descomposición de residuos orgánicos, amenazan la calidad de sistemas de aguas subterráneas y superficiales, con alta contaminación (DBO₅ > 10000 mg/L), además los ácidos orgánicos, principales componentes del lixiviado, tienen un pH < 7 permitiendo que se solubilizan metales pesados (Pervez & Kafeel, 2013).

2.4.3. IMPACTOS EN EL SUELO

La acumulación indiscriminada de residuos sólidos en una superficie genera deterioro estético y desvaloración del terreno, pues se pierden zonas productivas que brindan un servicio a la comunidad (Jaramillo, 2002). También, los escombros procedentes de la construcción contienen abundante yeso que incrementa la

salinidad, aluminio, hierro y otros metales con ellos aleados que pueden dar lugar a niveles tóxicos en el suelo (Muñoz, 2008).

En el caso de los RSU y el compost deficientemente procesado, el problema radica en la contaminación por organismos patógenos, metales pesados, material no degradable, provocando problemas ambientales que se anotan a continuación:

- Contaminación de suelo, cultivos con metales pesados y organismos patógenos.
- Disminución de la concentración de oxígeno a nivel radicular.
- Incremento de la temperatura del suelo que afecta al desarrollo de la vegetación.
- Presencia de materiales inertes ajenos al suelo como trozos de vidrio, objetos cortopunzantes, plásticos, metales, en general materiales no biodegradables.

(Puerta, 2004).

2.4.4. IMPACTOS SOBRE EL COMPONENTE BIÓTICO

Entre los impactos sobre el componente biótico se tiene:

- Los contaminantes generados durante la quema de basura, en particular las dioxinas que causan un severo daño al sistema respiratorio. Además, los gases contaminantes y material particulado tienen efectos sobre los seres vivos y los ecosistemas (Muñoz, 2008).
- El lixiviado de los RSU contiene cierta cantidad de metales pesados, que al estar en contacto con cuerpos hídricos produce contaminación y luego bioacumulación en organismos vivos en contacto (Pervez & Kafeel, 2013).
- Los residuos no biodegradables (plástico) afectan la fauna terrestre y/o acuática ya que mueren enroscados por ingestión. Estudios han encontrado microplásticos en el aire, agua potable y en alimentos cotidianos como la sal de mesa (Greenpeace, 2019).

2.4.5. EFECTOS EN LA SALUD

Debido al inadecuado manejo de los RSU, se pueden anotar los problemas de salud y seguridad siguientes:

- Efectos negativos sobre los pulmones por contaminantes particulados debido a la quema de residuos a cielo abierto (Pervez & Kafeel, 2013).
- Riesgo a infecciones y lesiones producidas por objetos punzo penetrantes que se encuentran en los residuos, poniendo en riesgo a las personas que recuperan materiales (Sáez et al., 2014).
- Cáncer, defectos de nacimiento, mortalidad infantil por exposición a compuestos orgánicos volátiles y dioxinas debido a instalaciones de disposición sin control (Pervez & Kafeel, 2013).
- La manipulación de los residuos sólidos conlleva riesgos para la salud y puede dar lugar a accidentes, infecciones y enfermedades crónicas. (PAHO, 2010).

2.4.5.1. Vectores de transmisión de enfermedades

Los RSU pueden contener agentes patógenos humanos y animales (virus, bacterias, protozoos y helmintos), ya que los desechos son un medio óptimo para su proliferación y crecimiento. Los vectores como insectos, roedores entre otros, son atraídos por los residuos y pueden propagar diferentes enfermedades ya que están asociados a condiciones de higiene bastante deficientes (Ríos, 2009). En la tabla 4, se detallan los principales vectores, formas de transmisión y enfermedades.

Tabla 4

Tipos de vectores, forma de transmisión y enfermedades

Vectores	Forma de transmisión	Enfermedades
Ratas	Mordisco, orina, heces y pulgas.	Peste bubónica, tífus, leptospirosis, diarreas, disentería y rabia
Moscas	Alas, patas, cuerpo, heces y saliva	Cólera, fiebre tifoidea, salmonelosis, amebiasis, disentería y diarreas.
Cucarachas	Alas, patas, cuerpo y heces.	Fiebre tifoidea, gastroenteritis, cólera, diarrea e intoxicación alimenticia
Mosquitos	La picadura del mosquito hembra	Malaria, fiebre amarilla, dengue y encefalitis vírica

Fuente: Jaramillo (2002)

Elaborado por: Fuertes (2020)

2.5. GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (GIRSU)

La GIRSU constituye el conjunto de acciones y disposiciones regulatorias, de operación, económicas, financieras, administrativas, de educación y planificación, de monitoreo y evaluación; que tiene la finalidad de procurar que los RSU tengan un destino adecuado desde el punto de vista ambiental, técnico y socioeconómico, considerando las características de volumen, costos, posibilidades de recuperación y aprovechamiento, comercialización o su disposición final (MAE, 2015).

Para una adecuada gestión de residuos sólidos es necesario considerar como punto de partida la generación, ya que el manejo más adecuado dependerá de la cantidad y composición de los residuos sólidos.

2.5.1. CANTIDAD O GENERACIÓN

Los RSU que se generan en una ciudad responden a las diferentes actividades desarrolladas en la misma. Por lo tanto, el valor total de éstos corresponde a la suma de las diferentes fuentes de generación (Castillo, 2012). La GIRSU requiere del conocimiento de la cantidad generada en las diferentes fuentes, con proyección a futuro, con el objetivo de planificar la adquisición de equipo, evaluación del periodo útil del relleno sanitario y contratación de personal (Muñoz, 2008).

2.5.1.1. Generación per cápita

La tasa de generación per cápita es la cantidad de residuos generados por una persona en el día, se expresa en kilogramos por habitante y por día (kg/hab*día) (Muñoz, 2008). Depende del grado de urbanización, estilo de vida, nivel de ingresos, entre otros (Kaza et al., 2018)

2.5.2. COMPOSICIÓN

Es el término utilizado para describir los componentes individuales que constituyen el flujo de residuos sólidos y su distribución relativa basada en porcentajes con

relación a la muestra total. Sirve para evaluar las necesidades de equipos, sistemas, programas y planes de gestión (AME, 2018).

2.5.3. DENSIDAD

Es la relación entre la cantidad de residuos y el volumen que éstos ocupan, esta relación indica de manera directa la cantidad de residuos que puede estar contenida en un determinado volumen (AME, 2018). La densidad varía según su estado de compactación, los valores se resumen a continuación:

- Residuos en recipientes: 105-210 kg/m³
 - Residuos compactados en relleno manual: 400-600 kg/m³
 - Residuos compactados con maquinaria: 600-810 kg/m³
 - Residuos estabilizados en rellenos: 500-600 kg/m³
- (Jaramillo, 2002; Röben, 2002a).

2.6. MODELOS DE GESTIÓN DE RSU

2.6.1. MODELO DE GESTIÓN DE RESIDUOS MEZCLADOS

En este modelo los residuos sólidos (mezclados) son almacenados en un solo recipiente sin separación previa, contaminándose unos residuos con otros, estos desechos van directamente al relleno sanitario. Este modelo no es recomendable debido a que se incrementa la producción de biogás y lixiviados, y se disminuye la vida útil del relleno sanitario.

Desventajas del modelo de gestión de residuos mezclados:

- Mayor precio operacional para la elaboración de compost.
 - Reciclaje más caro.
 - Deterioro del material recuperado, por lo tanto, menor precio para la venta.
 - Mayor cantidad de residuos van al relleno sanitario.
 - Más tierra para recubrimiento de las celdas del relleno.
- (Muñoz, 2008).

2.6.2. MODELO DE GESTIÓN DE RESIDUOS SEPARADOS EN ORIGEN

Este modelo consiste en la separación de residuos en su origen, almacenados en distintos recipientes según el tipo de material para facilitar su aprovechamiento. Los residuos pueden ser separados en orgánicos e inorgánicos; orgánicos, reciclables y no aprovechables (Solans & Gadea, 2015). En países como España, se realiza un modelo diferenciado que se caracteriza por el tipo de residuos a separar por el usuario en origen, la separación se realiza en orgánicos, reciclables y resto (MITECO, 2016). Otro ejemplo, es el municipio de Alvarado en Costa Rica, esta ciudad realiza la separación y recolección según el tipo de residuo. Lunes se recogen los residuos orgánicos, martes los ordinarios, miércoles material reciclable y el último viernes de cada mes los residuos no tradicionales (Pon, 2019).

Ventajas del modelo de gestión de residuos separados:

- Menor cantidad de residuos tienen como destino final el relleno sanitario.
- Mejora la calidad del material recuperable.
- Aumenta la vida útil del relleno sanitario.
- Aprovechamiento de los residuos orgánicos mediante compostaje.
- Menos tierra para recubrimiento de las celdas del relleno.
- Al depositar únicamente los residuos inorgánicos no reciclables se disminuye la generación de biogás, lixiviados y vectores en el relleno.

(Muñoz, 2008).

2.6.3. MODELO DE GESTIÓN DE RESIDUOS EN ZONAS RURALES

En la zona rural, los tiempos de transporte son más prolongados debido a la dispersión de las casas, por lo que es necesario realizar la gestión con residuos separados: residuos orgánicos, que pueden ser utilizados como alimento para animales y/o elaboración de compost; y residuos inorgánicos cuyo destino sea el relleno sanitario (Muñoz, 2008).

2.7. ETAPAS DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE RSU

Una gestión adecuada de los residuos contribuye a la disminución de los impactos ambientales asociados a cada una de las fases de manejo. Las etapas de la gestión de residuos se describen en los siguientes numerales:

2.7.1. MINIMIZACIÓN EN LA GENERACIÓN

La generación de residuos ocurre cuando el producto deja de tener valor para quien lo utiliza. Esta etapa es importante ya que el conocimiento de la cantidad de los RSU marca las pautas para la planificación y prestación del servicio, es sustancial prevenir la mayor cantidad de residuos enfocándose en la minimización mediante: la reducción en la fuente, el reúso y el reciclaje (Goicochea, 2015). La participación y sensibilización de la población es importante para concientizar y motivar a la reflexión sobre cada una de sus actividades para realizar cambios/mejoras que conlleven a una reducción en la generación de residuos (Sáez et al., 2014).

2.7.2. SEPARACIÓN EN LA FUENTE

La separación en la fuente es base del éxito de los programas de la GIRSU, donde se clasifican los diferentes tipos de residuos en recipientes distintos (Santiago et al., 2017). Hui et al., (2006) sugirió separar los residuos en orgánico y reciclables para luego ser recolectados y enviados a su adecuado tratamiento. El tipo de residuos a ser separados depende de las políticas, modelo de gestión y presupuesto de cada ciudad. Otra clasificación divide la fracción orgánica e inorgánica, y un modelo más específico corresponde a fracción orgánica, papel-cartón, envases ligeros, vidrio, metal, y rechazo o resto (MITECO, 2016).

La forma más recomendable para la separación es en cada uno de los hogares, donde la base de la recuperación está en la correcta clasificación y limpieza de los residuos (Buil, 2008). Para que la separación en la fuente sea efectiva se necesita:

- La participación ciudadana al tener que depositar en los diferentes recipientes los residuos a recuperarse. La sensibilización y campañas

educativas e informativas a la población son indispensables para promover este hábito dentro de los hogares (Santiago et al., 2017).

- La recolección debe realizarse por separado en vehículos distintos o en recolectores con diferentes compartimentos (Rondón et al., 2016).

Los inconvenientes que puede presentar la separación en la fuente son: la conciencia de los usuarios del servicio, las inversiones iniciales, la gestión especializada y cuidadosa, y elevados costos de recuperación, limpieza y transporte del material separado. Entre las ventajas se tienen: optimización de la GIRSU, reducción de la demanda de recursos naturales y de la cantidad de residuos enviados a los rellenos sanitarios (Sáez et al., 2014), mejora la calidad y revaloriza los materiales que pueden recuperarse, economía energética, devolución a la tierra de su riqueza orgánica, participación ciudadana y mejora de las condiciones de trabajo a segregadores informales (Rondón et al., 2016).

2.7.3. ALMACENAMIENTO

El almacenamiento es el depósito temporal de los desechos y/o residuos sólidos, en condiciones que aseguren la protección al ambiente y a la salud humana (MAE, 2015). Para ello debe considerarse: el tipo, cantidad, densidad y modelo de gestión (residuos separados o mezclados); evitando la proliferación de vectores, minimizando los olores y el impacto visual, garantizando la calidad de la recolección y el transporte (Goicochea, 2015). Los recipientes pueden ser:

Retornables: de material impermeable, fácil limpieza, con protección al moho y corrosión, como: plástico, caucho o metal, con peso y diseño que faciliten el manejo durante la recolección y vaciado. Deben tener tapa con buen ajuste que no permitan la entrada de agua, insectos o roedores, ni el escape de líquidos por el fondo o sus paredes. Si se aplica la separación en la fuente, es recomendable utilizar recipientes diferenciados por colores según el tipo de residuo (Muñoz, 2008).

No retornables: pueden ser bolsas plásticas normadas, por colores, para diferenciarlas en un servicio de recolección separado. Deben ser resistentes para soportar la tensión ejercida por los desechos contenidos y por su manipulación. Su capacidad debe estar de acuerdo con lo que establezca el GAD-M, considerando la fuente de generación. Las fundas se deben entregar a la recolección bien cerradas para evitar que los residuos diseminen (Tello et al., 2018).

2.7.4. RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE

Los residuos son recolectados del almacenamiento temporal para su transporte, y su posterior descarga en una estación de tratamiento, transferencia o en el sitio de disposición final. La recolección debe ser analizada durante la planificación por las implicaciones económicas que involucra (Goicochea, 2015).

2.7.5. ACOPIO Y/O TRANSFERENCIA

La poca aceptación social o la dificultad de ubicar sitios de disposición final o tratamiento, obliga a que estos lugares se ubiquen en sitios alejados del centro de generación de residuos, derivando problemas como atraso en las rutas de recolección, aumento del tiempo improductivo del personal y del costo de transporte (Monteiro et al., 2006). Para la solución de estos problemas se planifica el funcionamiento de estaciones de transferencia que implican el traspaso de los RSU de recolectores pequeños a vehículos de mayor capacidad para su transporte (Goicochea, 2015).

La estación de transferencia incrementa la eficiencia del sistema y disminuye los costos de transporte. Sin embargo, la factibilidad de la instalación debe ser considerada según las condiciones locales y sus necesidades, estudios realizados sobre el tema indican que, ante una distancia de aproximadamente 25-30 km, ya es conveniente estudiar la posibilidad de implementación de una estación de transferencia (Rondón et al., 2016). Su uso es de manera exclusiva a ciudades grandes y metrópolis. Si bien, para poblaciones medianas y pequeñas que se

encuentren en un programa mancomunado también es recomendable, siempre que se optimicen costos de recolección, transporte y disposición final (Tello et al., 2018).

2.7.6. TRATAMIENTO

El tratamiento de los RSU es el conjunto de procesos, operaciones o técnicas de transformación física, química o biológica para modificar sus características o aprovechar su potencial, generando un nuevo residuo de características diferentes (MAE, 2015).

2.7.6.1. Tratamiento físico

El tratamiento físico incluye la reducción de tamaño (trituration) y de volumen (prensado), el secado y la separación por medios mecánicos. Este tratamiento no cambia la naturaleza química del residuo haciendo más fácil la comercialización de un subproducto (Rodríguez & Córdova, 2006).

2.7.6.2. Tratamiento químico

Incluye un cambio en la estructura química del residuo. La combustión es un método muy utilizado de reducción química del volumen de los residuos, siendo la tendencia en países de mayor desarrollo económico la utilización de la incineración con recuperación de energía en forma de calor (Sáez et al., 2014). Sin embargo, los altos costos de inversión y operación hacen que esta opción no sea la mejor desde el punto de vista económico y ambiental (Bustos, 2009).

2.7.6.3. Tratamiento biológico

El tratamiento biológico puede ser aerobio y anaerobio, de acuerdo con la presencia o ausencia de oxígeno en el proceso. Una práctica común es la transformación de los residuos orgánicos en acondicionador del suelo, a través de un proceso biológico denominado compostaje (Sáez et al., 2014). El objetivo del tratamiento es

recuperar materiales aprovechables y minimizar los impactos ambientales (Goicochea, 2015).

El compostaje se basa en la acción de microorganismos aerobios sobre la materia orgánica, en función de la influencia de determinados factores, produciendo elevadas temperaturas, reduciendo el volumen y peso de los residuos, y provocando su humificación (Moreno, 2008). Entre los factores que influyen en el proceso de compostaje se tiene:

- **Parámetros de seguimiento.** - aquellos que han de ser medidos durante el proceso y modificados para que sus valores estén en los rangos adecuados para cada fase, entre los factores se tiene: temperatura, humedad, pH y aireación (Moreno, 2008).
- **Parámetros relativos a la naturaleza del sustrato.** - aquellos que se deben medir y modificar para tener valores correctos al inicio del proceso, entre los factores se tiene: tamaño de partícula, relaciones C/N, nutrientes, materia orgánica y conductividad eléctrica (Moreno, 2008).

La temperatura es una variable importante, de acuerdo con su variación, en el compostaje se reconocen cuatro fases:

- **Fase Mesófila.** - se produce la descomposición biológica de las moléculas más fácilmente degradables con una liberación de energía que conlleva el aumento de la temperatura y la evaporación del agua, el pH disminuye por formación de ácidos orgánicos (Agencia de Residuos de Cataluña, 2016). Esta fase dura entre dos y ocho días (Román et al., 2013)
- **Fase Termófila.** - la biodegradación se realiza por bacterias termófilas que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, estos microorganismos transforman el N en amoníaco por lo que el pH sube. Se denomina también como fase de higienización ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes de origen fecal, puede durar desde unos días hasta meses, según las condiciones climáticas, lugar y material de partida (Román et al., 2013).

- **Fase de Enfriamiento o Mesófila II.**- agotadas las fuentes de C y N, la temperatura desciende nuevamente, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente (Román et al., 2013).
- **Fase de Maduración.** - la descomposición de materia orgánica se desarrolla más lento, por lo que no hay consumo elevado de oxígeno ni gran liberación de energía. Por ello, la temperatura va disminuyendo gradualmente, el objetivo principal es alcanzar un adecuado nivel de madurez del compost (Agencia de Residuos de Cataluña, 2016)

El compostaje permite una reducción hasta en un 50% el peso de los residuos que se descargan en el sitio de disposición final (Rodríguez & Córdova, 2006). Este porcentaje puede variar según la composición de los residuos, en caso de que los residuos reciclables sean recogidos separadamente y los residuos orgánicos sean compostados, el porcentaje de los desechos descargados puede reducirse a un 35-40% (Röben, 2002b). Los tipos de plantas de compostaje son:

- **Plantas de operación manual:** es la planta más sencilla y con el mínimo de personal posible, los procesos se realizan con herramientas manuales y se excluye el uso de maquinaria, su producción alcanza las 50 t/año (Rodríguez & Córdova, 2006).
- **Plantas parcialmente mecanizadas:** esta planta requiere de equipo que apoye las operaciones unitarias. El cargador frontal pequeño es el más conveniente para plantas pequeñas, sin embargo, al superar las 500 t/año de compost producido podría presentar inconvenientes por uso excesivo (Rodríguez & Córdova, 2006).
- **Plantas mecanizadas:** estas plantas pueden ser de tres tipos, las que operan en pilas, en naves cerradas y en reactores. La combinación de estos métodos es la mejor opción, pero requiere de un conocimiento especializado del proceso y contar con especialista en ingeniería, microbiología y biotecnología. Este tipo de plantas puede procesar más de 1000 t/año por lo que es importante tener un mercado de compost desarrollado para considerar este tipo de plantas (Rodríguez & Córdova, 2006).

2.7.7. DISPOSICIÓN FINAL

Es la última de las fases de manejo, donde se eliminan los desechos no aprovechables. Para la economía del país, el relleno sanitario es la opción más efectiva para disponer los desechos sólidos, que es una técnica de ingeniería para confinar los residuos en un área lo más pequeña posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente para el control de proliferación de vectores y compactándola para reducir su volumen; el suelo es previamente impermeabilizado para evitar la contaminación de acuíferos (MMAyA, 2010).

Los riesgos a la salud humana o afectaciones al ambiente son bajos, siempre que los rellenos sanitarios se ubiquen en lugares apropiados, se operen de manera segura y continua, y el monitoreo ambiental sea efectivo para corregir el mal funcionamiento de la instalación (Goicochea, 2015). En la tabla 5 se presentan los tipos de rellenos sanitarios que se pueden construir de acuerdo con las características del área disponible.

Tabla 5

Tipos de rellenos sanitarios

TIPOS DE RELLENOS SANITARIOS	
De Zanja	Se construye en zonas planas donde se excavan trincheras para depositar los residuos sólidos.
De Superficie	Se cubren los residuos con tierra en la misma superficie del terreno.
De Ladera	Se trata de aprovechar las depresiones o taludes naturales para disponer los residuos sólidos.

Fuente: Alegre (2004)

Elaborado por: Fuertes (2020)

En la figura 3 se muestran esquemáticamente los 3 tipos de rellenos sanitarios. De izquierda a derecha, se tiene: de trinchera, de superficie y ladera.



Figura 3. Tipos de rellenos sanitarios

Fuente: MMAyA (2010)

2.7.7.1. Rellenos manuales

El relleno sanitario manual es una alternativa para las poblaciones menores a 40000 habitantes (Muñoz, 2008). En este tipo de relleno, el personal operativo debe realizar actividades como: descarga, conformación de la celda, compactación y cobertura de los desechos con el material preparado, mantenimiento de cunetas, construcción de chimeneas y drenajes, preparación del área para nuevas celdas y módulos (Jaramillo, 2002).

La compactación de los residuos sólidos es menos eficiente y en consecuencia la cantidad de residuos no es estable a alturas elevadas, dando como resultado la necesidad de un mayor espacio con el potencial de generación de lixiviados. El relleno sanitario manual se escoge como la solución más conveniente para municipios y comunidades pequeñas, ubicados en sitios aislados y con bajos recursos económicos (Röben, 2002a)

2.7.7.2. Rellenos con compactación mecanizada

Las municipalidades medianas y grandes, que producen una cantidad diaria de residuos considerable, utilizan los rellenos sanitarios con compactación mecanizada. Estos GAD-M, disponen generalmente de mayor presupuesto y personal técnico capacitado. En el frente de trabajo (donde descargan los recolectores los residuos para ser enterrados), se utilizan uno o dos tractores compactadores, que conforman las celdas con los residuos, antes de su compactación y cubierta con el material (tierra) adecuado; y las excavaciones y el transporte necesario para suministrar nuevo material de cobertura (Röben, 2002a).

Existen diferentes situaciones para la elección de un relleno manual o mecanizado que un municipio debe considerar (véase la tabla 6).

Tabla 6

Situaciones para relleno manual o mecanizado

SITUACIÓN	RELLENO MANUAL	RELLENO MECANIZADO
Municipio pequeño (< 50000 habitantes)	Se recomienda	Se recomienda si se puede compartir con otros municipios cercanos.
Municipalidad muy aislada	Favorable	Se recomienda para municipios medianos y grandes
Terreno costoso o limitado	Para municipios muy pequeños	Para municipios pequeños-medianos (el tractor se puede utilizar a medio tiempo)
Sitio muy lluvioso	Se recomienda para municipios pequeños, tomando precauciones especiales (drenajes, cubierta)	Se prefiere
No se dispone de mano de obra calificada	Se prefiere para municipios pequeños-medianos	Se recomienda para municipios medianos-grandes
Mano de obra barata	Se prefiere	Se recomienda para municipios medianos-grandes

Fuente: Röben (2002a)

Elaborado por: Fuertes (2020)

2.8. MARCO LEGAL

En la tabla 7, se detalla la normativa vigente nacional y local, que regulan la gestión de residuos sólidos urbanos en el Ecuador.

Tabla 7

Normativa nacional y local vigente sobre residuos sólidos

NORMATIVA VIGENTE
Constitución de la República del Ecuador
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”.
Art. 66.- Se reconoce y garantizará. Núm. 27, “El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza”.
Art. 83.- Es deber y responsabilidad. Núm. 6, “Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible”.
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”.

Tabla 7 Continuación

<p>Art. 395.- La Constitución reconoce. Núm. 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”.</p>
<p>Plan Nacional de Desarrollo Toda una Vida 2017-2021</p>
<p>Objetivo 3.- “Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones”. Fundamentos. - “Hacer de las ciudades lugares más seguros, que cuenten con servicios básicos, con espacios de convivencia que mejoren la calidad de vida de sus habitantes. Desarrollo de una política ambiental urbana, basada en el fortalecimiento de las capacidades de los gobiernos locales y organizaciones sociales, que implementen sistemas de prevención y control de la contaminación ambiental, como el impulso a programas de manejo integral de los desechos sólidos y sistemas de reciclaje que promuevan la economía comunitaria”. Política. - “Incentivar la producción y consumo ambientalmente responsable, con base en los principios de la economía circular y bio-economía, fomentando el reciclaje y combatiendo la obsolescencia programada”. Metas. - “Incrementar del 70.3% al 80% los residuos sólidos no peligrosos con disposición final adecuada a 2021. Incrementar del 17% al 35% los residuos sólidos reciclados en relación al total de residuos generados hasta 2021”.</p>
<p>Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización- COOTAD</p>
<p>Art. 55.- Competencias exclusivas del GAD-M. Núm. d, “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. 137.- Núm. 4.- “Las competencias de prestación de servicios públicos de alcantarillado, depuración de agua residuales, manejo de desechos sólidos, y actividades de saneamiento ambiental, en todas sus fases, las ejecutarán los GAD-M con sus respectivas normativas”. Art. 431.- “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”.</p>
<p>Código Orgánico Ambiental</p>
<p>Art. 27.- Facultades de los GAD- M 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. 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 mejores tecnologías disponibles que minimicen los impactos al ambiente y la salud humana”. 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”.</p>

Tabla 7 Continuación

<p>Núm. 10.- “La sistematización y difusión del conocimiento e información relacionados con los residuos y desechos entre todos los sectores”.</p> <p>Art. 226.- Principio de jerarquización. “La gestión de residuos deberá cumplir prioritariamente con la prevención, minimización de la generación en la fuente, eliminación y disposición final”.</p> <p>Art. 231.- Obligaciones y responsabilidades. Núm. 2. “Los GAD-M serán responsables de la GIRSU no peligrosos generados en el área de su jurisdicción, por lo tanto, están obligados a fomentar en los generadores alternativas de gestión, así como la investigación y desarrollo de tecnologías. Estos deberán establecer los procedimientos adecuados para barrido, recolección y transporte, almacenamiento temporal, 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. Se podrá conformar mancomunidades y consorcios para ejercer esta responsabilidad de conformidad con la ley”.</p>
<p>Acuerdo Ministerial 061, Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente- TULSMA</p>
<p>Art. 47 Prioridad Nacional. – “El Estado Ecuatoriano declara de interés público, la GIRSU no peligrosos, la asignación de la rectoría a favor de la Autoridad Ambiental Nacional, para la emisión de las políticas sobre la gestión integral de los residuos. Además de la responsabilidad extendida y compartida por toda la sociedad, con la finalidad de contribuir al desarrollo sustentable a través de un conjunto de políticas intersectoriales nacionales, en todos los ámbitos de gestión”.</p> <p>Art. 57 Responsabilidades de los GAD-M. – “Garantizarán el manejo integral de residuos y/o desechos sólidos generados en el área de su competencia, ya sea por administración o mediante contratos con empresas públicas o privadas”.</p> <p>b) “Promover y coordinar con las instituciones gubernamentales, no gubernamentales y empresas privadas, la implementación de programas educativos en el área de su competencia, para fomentar la cultura de minimización de generación de residuos, separación en la fuente, recolección diferenciada, limpieza de los espacios públicos, reciclaje”.</p> <p>d) “Promover la instalación y operación de centros de recuperación de residuos sólidos aprovechables, con la finalidad de fomentar el reciclaje”.</p> <p>f) “Asumir la responsabilidad de la prestación de servicios públicos de la GIRSU no peligrosos y actividades de saneamiento ambiental, en todas sus fases en las áreas urbanas y rurales”.</p> <p>j) “Garantizar una adecuada disposición final de los desechos en sitios con condiciones técnicamente adecuadas y que cuenten con la viabilidad técnica otorgada por la Autoridad Ambiental competente, únicamente se dispondrán los desechos sólidos no peligrosos, cuando su tratamiento, aprovechamiento o minimización no sea factible”.</p> <p>l) “Promover alianzas estratégicas para la conformación de mancomunidades con otros municipios para la gestión integral de los residuos sólidos, con el fin de minimizar los impactos ambientales, y promover economías de escala”.</p>
<p>Competencias de Gestión Ambiental de Gobiernos Descentralizados</p>
<p>Art. 6 y 17.- Regulación nacional/local. – Núm. 4 y 3. “Elaborar normativa técnica para la GIRSU en el medio urbano y rural”.</p> <p>Art. 7.- Control 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”.</p>

Tabla 7 Continuación

Ordenanza para la Gestión Integral de Residuos Sólidos del Cantón San Pedro de Huaca
<p>Art. 2 Fines del sistema de gestión integral de residuos sólidos:</p> <p>b) “Desarrollar y garantizar el sistema integral de gestión de los residuos sólidos, desde la prevención en su generación hasta la disposición final”.</p> <p>d) “Reducir la generación de residuos sólidos desde la fuente de generación”.</p> <p>e) “Fomentar la responsabilidad en el ciclo de residuos sólidos, por parte de la comunidad generando separación en la fuente, reutilización y reciclaje, generando sensibilidad al ambiente”.</p> <p>f) “Minimizar y mitigar el impacto en la salud y en el medio ambiente de la GIRSU”.</p> <p>g) “Establecer mecanismos que garanticen a las y los ciudadanos su participación en la GIRSU”.</p> <p>h) “Promover, en el marco de los vínculos, los acuerdos de mancomunidad y otros convenios con las municipalidades de territorios vecinos y de la región, con políticas, estrategias y soluciones de gestión concurrente en la gestión de residuos”.</p> <p>Art. 3 Ámbito de aplicación. – “Separar, reciclar, reparar y reutilizar residuos antes de desecharlos y depositarlos o eliminarlos de forma definitiva. El GAD-M a través de la Unidad de Gestión Ambiental y Comisaría Municipal son responsables de aplicación de las normas de esta ordenanza y de su observancia”.</p> <p>Art. 5.- Principios que rigen el sistema de manejo integral de residuos sólidos:</p> <p>c) “Separación en la fuente, de manera que sea más eficiente, adecuada y viable su recolección y traslado hacia centros de acopio, gestión y procesamiento”.</p> <p>d) “Tratamiento, de preferencia en la fuente de origen, especialmente de los provenientes de determinadas industrias, en prevención de afectaciones al ambiente”.</p> <p>e) “Disposición, de manera segura, a fin de minimizar los impactos al ambiente y a la salud”.</p> <p>Art. 6.- Políticas tendientes a la prevención.</p> <p>b) “Incentivar el manejo adecuado de residuos sólidos, mediante su reutilización y reciclaje potencial, a través de estímulos fiscales municipales u otros similares”.</p> <p>c) “Auspiciar programas de reciclaje a través de entidades sin fines de lucro que promuevan acciones sociales de beneficio comunitario”.</p> <p>Art. 13.- Toda persona que saque los residuos sólidos. - (orgánicos e inorgánicos) para que sean recogidas por los vehículos recolectores deberá:</p> <p>a) “Utilizar los tachos o fundas de color verde y negro”.</p> <p>b) “Los establecimientos o instituciones que generen gran cantidad de residuos deberán separar en la fuente”.</p> <p>C) “Los materiales reciclables serán entregados al vehículo recolector en el horario establecido”.</p> <p>Art. 17.- Obligaciones de diferenciar en la fuente. “El generador de residuos sólidos tiene la obligación de diferenciar en la fuente los residuos”.</p>

Fuente: COA (2017), Concejo Municipal San Pedro de Huaca (2018), Consejo Nacional de Competencias (2015), Constitución de la República del Ecuador (2008), COOTAD (2010), MAE (2015), SENPLADES (2017)

Elaborado por: Fuertes (2020)

CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA

Para el desarrollo del presente proyecto, se utilizó el método descriptivo ya que permite presentar los hechos y eventos que caracterizan la realidad actual, fundamentada en la observación, aplicación de encuestas y recopilación documental (Monje, 2011). La metodología se dividió en tres actividades para la obtención de información y datos necesarios para la realización del proyecto:

- Descripción del área de estudio.
- Diagnóstico de la gestión actual de residuos sólidos.
- Caracterización de residuos sólidos.

3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Para obtener información sobre el área de estudio se realizó una recopilación documental que fue evaluada y sintetizada. Los documentos que se utilizaron fue el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT), información del Distrito de Educación, cartografía del Geoportal-Instituto Geográfico Militar (IGM), datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), la revisión permitió obtener información importante.

3.1.1. DATOS DEL CANTÓN SAN PEDRO DE HUACA

En la tabla 8, se presenta información general del cantón San Pedro de Huaca.

Tabla 8

Datos generales del cantón Huaca

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal “San Pedro de Huaca”	
Fecha de creación	08 de diciembre de 1995
Población total	7624 habitantes (INEC-2010)
Extensión	70.9 km ²
Rango altitudinal	2760 msnm a 4040 msnm

Fuente: GAD-M San Pedro de Huaca (2014)

Elaborado por: Fuertes (2020)

3.1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El cantón está ubicado al nororiente de la Provincia del Carchi, al norte y al oeste limita con el cantón Tulcán, al este con el cantón Sucumbíos, al sur y suroriente con el cantón Montúfar, como se observa en la figura 4. El cantón tiene dos parroquias, Huaca (Urbana) y Mariscal Sucre (Rural). Se extiende entre las coordenadas geográficas $77^{\circ} 39' 20''$ hasta $77^{\circ} 46' 02''$ longitud oeste; y $00^{\circ} 33' 59''$ hasta $00^{\circ} 40' 06''$ latitud norte.

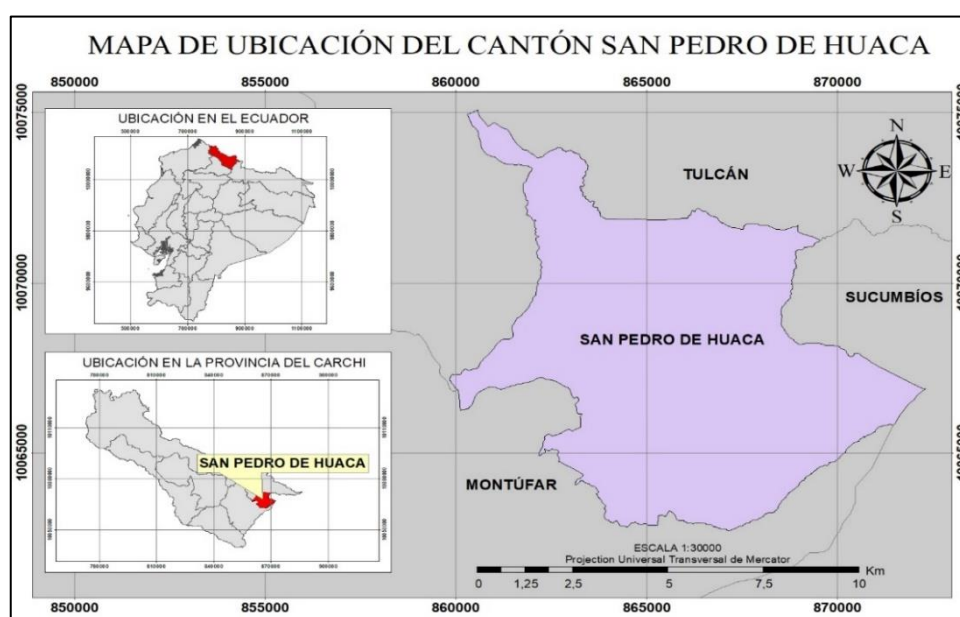


Figura 4. Mapa de ubicación del cantón San Pedro de Huaca

Fuente: Geportal IGM (2017)

Elaborado por: Fuertes (2020)

3.1.3. COMPONENTE BIOFÍSICO

3.1.3.1. Uso y cobertura del suelo

En la tabla 9, se presentan los diferentes tipos de uso y cobertura de suelo, su extensión y porcentaje.

Tabla 9*Uso y cobertura del suelo*

CATEGORÍA	ha	%
Cultivo	474.27	6.10
Pasto cultivado	4458.81	57.36
Páramo	1143.02	14.70
Bosque natural	883.72	11.37
Centro poblado	124.11	1.60
Vegetación arbustiva	648.78	8.34
Vegetación herbácea	40.9	0.53
TOTAL	7773.61	100

Fuente: GAD-M San Pedro de Huaca (2014)

Elaborado por: Fuertes (2020)

3.1.3.2. Capacidad de uso de las tierras

En el cantón San Pedro de Huaca, se identificaron 7 clases de capacidad de uso de las tierras, como se muestra en la tabla 10.

Tabla 10*Capacidad de uso de las tierras*

Clases	Unidades morfológicas	Descripción y pendiente	Superficie (ha)	Total (%)
Agricultura y otros usos arables	II	Valles fluviales y coluvio aluvial antiguo.	114.02	1.47
	III	Valles fluviales, Relieves volcánicos colinados muy bajos, bajos, medios y ondulados	207.59	2.67
	IV	Sus suelos presentan texturas franco-arenosas, poco a moderadamente profundos y profundos, con fertilidad de alta a baja, drenaje natural de bueno a moderado. Requieren de un tratamiento especial en cuanto a labores de maquinaria, el establecimiento de cultivos intensivos se restringe. Pendiente de 12 a 25%.	1375.12	17.72

Tabla 10 Continuación

Clases		Unidades morfológicas	Descripción y pendiente	Superficie (ha)	Total (%)
Tierras de uso limitado o no adecuadas para cultivos	V	Coluvio aluvial antiguo	Requiere de un tratamiento muy especial con respecto a labores de maquinaria, ya que presentan condiciones edáficas difíciles de eliminar en la práctica. Pendiente de 5 a 12%.	1.94	0.02
	VI	Relieves volcánicos colinados muy altos, altos, medios, bajos y ondulados.	Se restringe el uso de maquinaria, las tierras son aptas para aprovechamiento forestal y ocasionalmente pueden producirse cultivos permanentes o pastos. Pendiente hasta 40%.	2386.79	30.75
	VII	Relieve volcánicos colinados medios, altos y muy altos	Son suelos de texturas franco-arenosas, bien drenados, sin pedregosidad, no salinos. Tierras no arables, que presentan fuertes limitaciones para el laboreo. Esta clase se reduce al aprovechamiento forestal. La pendiente es de 40 a 70%.	1633.62	21.05
	VIII	Relieves colinados muy altos y montañosos	Tierras con severas limitaciones. No apto para actividades agrícolas o pecuarias. Su pendiente es superior a 70%.	651.47	8.40
Bosque Protector				1390.41	17.92
Total Cantonal				7760.95	100

Fuente: GAD-M San Pedro de Huaca (2014)

Elaborado por: Fuertes (2020)

3.1.3.3. Información climática

En la tabla 11 se identifican las variables de información climática del cantón Huaca.

Tabla 11*Descripción de información climática*

Variable	Descripción
Precipitación	Las precipitaciones anuales van desde los 1000 mm a 2000 mm. En abril y noviembre se presentan sus máximos lluviosos, mientras que, los meses secos se distribuyen entre junio y septiembre.
Temperatura	La temperatura media anual es de 12°C, su variación se relaciona con las diferencias de altitud. Las temperaturas mensuales varían de 5°C a 19°C.
Humedad	En todo el territorio, la humedad relativa es alta con valores medios mensuales entre 80%-90%, y valor anual de 82%.
Velocidad de viento	La velocidad media del viento varía de 3.2 a 6.0 km/h, obteniendo un valor anual de 4.0 km/h.

Fuente: GAD-M San Pedro de Huaca (2014), INAMHI (2017)

Elaborado por: Fuertes (2020)

Según la clasificación climática de Pourrut (1995), el cantón Huaca tiene un clima de tipo ecuatorial frío de alta montaña y según Holdridge la zona de vida se clasifica como bosque muy húmedo montano (bmhM) o subpáramo muy húmedo (Vásquez, 2015). El cantón se caracteriza por estar situado por encima de los 3000 msnm, tener precipitación media anual que varía entre 800 mm a 2000 mm, la temperatura menor a 12°C y humedad mayor a 80%. El cantón constituye un régimen de precipitaciones regular a lo largo del año y posee ecosistemas frágiles de páramo herbáceo y bosque húmedo principalmente (Pourrut, 1995).

3.1.3.4. Recursos naturales

a) Flora

El cantón tiene bosques que se encuentran en la cordillera occidental y oriental, los mismos que presentan formaciones vegetales de páramo de frailejones y bosque siempreverde montano alto en donde se registran 790 especies de plantas. La familia Asteraceae es la más representativa con 114 registros, seguida de la familia Poaceae con 47 especies y Orchidaceae con 36 especies. Además, el cantón registra un total de 6 especies endémicas, lo que equivale al 0,14% del total de especies endémicas del país, entre estas están: *Brunellia pauciflora*, *Miconia penningtonii*, *Ocotea benthamiana*, *Geissanthus vanderwerffii*, *Aegiphila monticola* y *Elaphoglossum artisanae* (GAD-M San Pedro de Huaca, 2014).

b) Fauna

La fauna del cantón es variable, tiene 30 especies de mamíferos, 199 especies de aves en 38 familias, Thraupidae es la familia más diversa con 26 especies, seguidas por Trochilidae con 23 y Tyrannidae con 23 especies. En anfibios se han registrado 32 especies, de los cuales 28 son anfibios y 4 reptiles (GAD-M San Pedro de Huaca, 2014).

3.1.3.5. Delimitación de cuencas y cuerpos de agua existentes

El cantón San Pedro de Huaca alberga a las microcuencas de los ríos Minas y Aguarico, pertenecientes a las subcuencas del río Obispo, río Cucacho, río Minas

y río Chingual. En la figura 5, se puede observar los principales sistemas hidrográficos del cantón que son los ríos Huaca localizado al oeste, el río Obispo localizado al este y el río Minas ubicado al sureste del cantón; el recurso hídrico de estos ríos es utilizado mayormente en las actividades agrícolas para riego en las comunidades de las partes bajas (GAD-M San Pedro de Huaca, 2014).

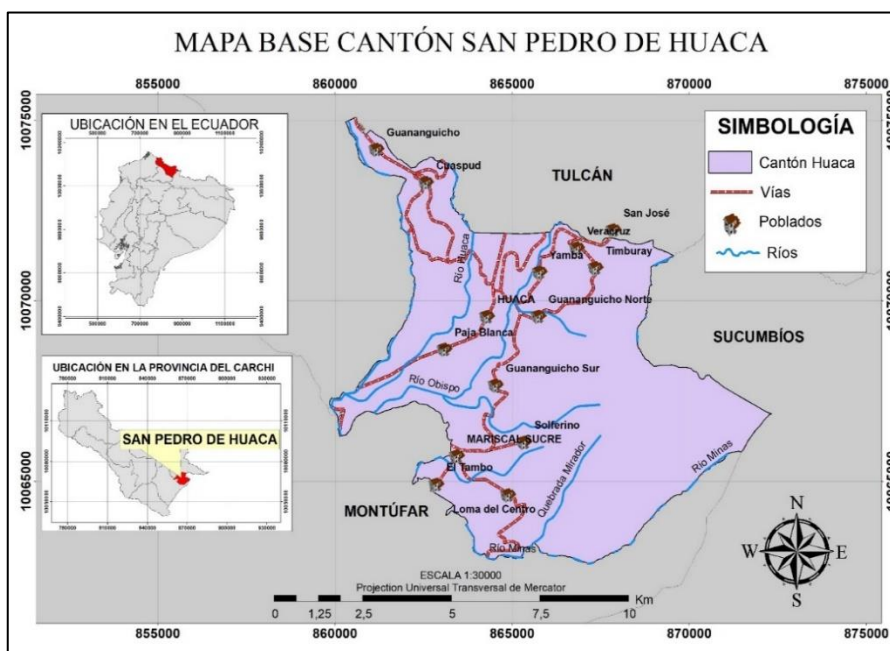


Figura 5. Mapa base del cantón San Pedro de Huaca

Fuente: Geportal IGM (2017)

Elaborado por: Fuertes (2020)

3.1.3.6. Territorio bajo conservación o manejo ambiental

Dentro del cantón, aproximadamente el 30.80%, forma parte del territorio bajo conservación y protección. Las áreas protegidas se detallan en la tabla 12.

Tabla 12

Áreas protegidas del cantón Huaca

Nombre del Área Protegida	Categoría	Superficie	Fecha de creación
Bosque Protector "Lomas Corazón y Bretaña"	Bosque Protector	1390.41 ha	1990
Estación Biológica Guanderas	Reserva Privada	1000 ha (600 de páramo y 400 de bosque natural)	1996

Fuente: GAD-M San Pedro de Huaca (2014)

Elaborado por: Fuertes (2020)

3.1.4. COMPONENTE ECONÓMICO-PRODUCTIVO

3.1.4.1. Actividades económicas

En la tabla 13 se enuncian las principales actividades económicas del cantón con respecto a la población económicamente activa (PEA).

Tabla 13

Actividades económicas en el cantón Huaca

ACTIVIDAD	%
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	54.77
Comercial al por mayor y menor	7.08
De construcción	3.10
Transporte	4.39
Industria manufacturera	3.81
Administración pública y defensa	3.62
Enseñanza	3.62
No declarada	11.21
Otras actividades	8.40
TOTAL	100

Fuente: GAD-M San Pedro de Huaca (2014)

Elaborado por: Fuertes (2020)

3.1.5. COMPONENTE SOCIAL-CULTURAL

3.1.5.1. Análisis demográfico

Según datos del INEC, la población del cantón Huaca fue de 7624 habitantes en el año 2010. Existe migración del sector rural a la cabecera cantonal. La población del año 2001 al año 2010 se incrementó en un 1.19%, por lo que se espera una proyección en el año 2020 de 8581 habitantes. La población en el sector urbano es de 5216 habitantes con una tasa de crecimiento de 1.39% y en el sector rural de 2408 habitantes con una de tasa igual a 0.31% (INEC, 2010).

3.1.5.2. Educación

El cantón Huaca cuenta con educación inicial, básica y bachillerato tiene cinco unidades educativas, cuatro en la parroquia Huaca y una en Mariscal. En la tabla 14 se detalla la información del nombre y número de alumnos.

Tabla 14*Unidades educativas del cantón Huaca*

Nro.	UNIDAD EDUCATIVA	Nro. alumnos
1	10 de Agosto	442
2	Manuel M. Velasco	254
3	Santa Mariana de Jesús	418
4	Huaca	605
5	Mariscal Sucre	299
TOTAL		2018

Fuente: Dirección Distrital Educación 04D01 (2018)**Elaborado por:** Fuertes (2020)**3.1.5.3. Salud**

El cantón tiene un subcentro de salud en la cabecera cantonal, en la parroquia Mariscal Sucre se dispone de otro subcentro y del seguro campesino, con lo cual se cubre la atención primaria. Los servicios que se brindan son atención prenatal, medicina general, planificación familiar, odontología, detección oportuna del cáncer, ginecología, enfermería, visitas domiciliarias, salud escolar y brigadas comunitarias (GAD-M San Pedro de Huaca, 2014).

3.2. DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN ACTUAL DE RSU

Para el diagnóstico de la gestión actual de RSU en las tres fases de estudio, separación en la fuente, tratamiento y disposición final. Se realizaron varios recorridos e inspecciones in situ para identificar y evaluar las tres etapas, y se aplicó encuestas a varias fuentes de generación sobre el manejo actual de los residuos sólidos para comprender la situación desde el punto de vista de los ciudadanos.

3.2.1. VISITA DE CAMPO AL CANTÓN SAN PEDRO DE HUACA

La observación implica identificar los aspectos importantes de una actividad o sitio en particular, por eso es necesario utilizar este método en inspecciones in situ. Las visitas en campo que se realizaron en el cantón Huaca se enfocaron en la identificación de las fuentes de generación, en el tratamiento de residuos orgánicos y disposición final. Además, de la evaluación de impactos ambientales causados por la gestión actual.

3.2.1.1. Identificación de fuentes generadoras, tratamiento y disposición final

3.2.1.1.1. Separación en la fuente

Los residuos/desechos proceden de diferentes actividades o fuentes de generación, para evidenciar la separación en la fuente, se identificaron seis generadores en el cantón Huaca: domiciliario, comercial, mercado, unidades educativas, subcentros de salud y barrido.

El sector domiciliario es la fuente de generación con mayor incidencia, la parte comercial genera residuos reciclables y el mercado residuos orgánicos, por ello se seleccionaron estas tres fuentes para poder obtener la cantidad de residuos que pueden ser aprovechados. Las unidades educativas y subcentros son lugares de alta concentración de personas durante sus respectivas jornadas laborales y la generación de residuos en las calles es de importancia para la gestión de RSU en el cantón.

a) Sector Domiciliario

Para la verificación de la clasificación de residuos en el sector domiciliario, se visitó varias viviendas al azar, donde se identificó los recipientes utilizados para almacenar los residuos sólidos, estado de los contenedores y desechos depositados. Además, se realizó un recorrido por las calles del cantón en horarios de recolección, evidenciando cómo es la entrega de los residuos al carro recolector.

b) Comercial

Considerando que gran parte de comercios se ubican en el centro de Huaca, se realizó un recorrido por varios locales comerciales en ese sector, principalmente aquellos que recibían mayor número de clientes. Al interior de la tienda se verificó la separación de los residuos, contenedores usados y residuos depositados.

c) Mercado

Se visitó el único mercado que tiene el cantón, identificando los contenedores disponibles para el almacenamiento de los residuos y verificando la clasificación de los residuos en cada uno de los puestos de los comerciantes.

d) Unidades educativas

Para las cinco unidades educativas que tiene el cantón hubo un acercamiento con los directores, quienes permitieron un recorrido por las unidades, observando los puntos ecológicos, distintos contenedores para la separación de los residuos, estado de los recipientes y residuos que los estudiantes depositan.

e) Subcentros de salud

En los dos subcentros de salud se realizó la visita in situ para identificar la separación de residuos asimilables a domésticos.

f) Barrido

Para el barrido, primero se obtuvo información por parte del personal encargado de esta actividad, quienes indicaron que el horario de trabajo varía según el jornalero, por lo general su horario es de 4H30 a 5H30 o de 5H00 a 6H00. Existen cuatro grupos de cuatro jornaleros que realizan la actividad en los siguientes sectores:

- Jesús del Gran Poder al Subcentro de Salud
- Subcentro de Salud al GAD-M
- GAD-M a la Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús
- Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús a la Unidad de Policía Comunitaria

En cada grupo se consideran calles principales y transversales. Considerando el horario, se realizó un recorrido en los sectores de barrido.

3.2.1.1.2. Tratamiento

La recolección de residuos orgánicos se realiza de lunes a viernes, exceptuando el martes, estos residuos son transportados a la planta de compostaje, ubicada en el vivero municipal en el sector de Picuales Bajo. Con funcionarios del GAD-M, se visitó esta planta, se realizó un reconocimiento visual del sitio y se obtuvo información de la operación.

3.2.1.1.3. Disposición final

El cantón Huaca no dispone de un sitio para su disposición final, los residuos se transportan al relleno sanitario de la ciudad de Tulcán (cantón aledaño). Por lo tanto, se inspeccionó el sitio con funcionarios del GAD-M, hubo la oportunidad de conversar con el encargado de la operación del relleno sanitario, quien se mostró predispuesto ante cualquier inquietud.

Los rellenos sanitarios de Tulcán y Montúfar fueron visitados debido a que son alternativas cercanas de disposición final de residuos. Durante una semana del 6 al 10 de enero de 2020 se realizó un recorrido para el registro de distancias, desde el fin de ruta de recolección de cada día hacia el relleno de Tulcán, para esto se anotó el kilometraje de salida y el de llegada al sitio de disposición; en este mismo tramo se usó un cronómetro para el registro del tiempo de trayecto.

De la misma manera se realizó visitas al relleno del cantón Montúfar y se anotó el tiempo necesario hasta este sitio de disposición y la distancia recorrida; con el uso de un GPS se obtuvo las coordenadas respectivas de los lugares. Con las distancias y tiempos obtenidos en campo, se determinó la cantidad de combustible que se utiliza y el costo de viaje que este representa para trasladarse a los rellenos sanitarios de los dos cantones.

3.2.1.2. Evaluación de Impactos Ambientales causados en las fases de separación en la fuente, tratamiento y disposición final

Para la evaluación de impactos ambientales, primero se identificó los generadores a ser evaluados en la separación en la fuente, el tratamiento de residuos orgánicos y las actividades de la disposición final, como se indica en la tabla 15.

Tabla 15

Acciones de las fases de la gestión de RSU estudiadas

SEPARACIÓN EN LA FUENTE	Domiciliar y comercial
	Unidades educativas
	Mercado
TRATAMIENTO	Planta de compostaje
DISPOSICIÓN FINAL	Descarga de desechos
	Cobertura y compactación de desechos
	Generación de gases
	Generación de lixiviados
	Barrera Natural

Elaborado por: Fuertes (2020)

a) Separación en la fuente

En las visitas e inspecciones realizadas a las diferentes fuentes de generación, se eligieron cuatro fuentes a ser evaluadas: domiciliar, comercial, mercado y unidades educativas, debido a que presentaban mayor afectación. En estas fuentes se evidenció los impactos ambientales, se anotó las observaciones de problemas identificados, con el uso de una cámara fotográfica se obtuvieron medios de evidencia y se valoró la incidencia de las actividades a los factores ambientales establecidos en las hojas de campo.

b) Tratamiento

Para la identificación de impactos ambientales, en la inspección in situ realizada en la planta de compostaje, se evidenció los diferentes problemas que presenta el tratamiento de residuos y que afectan a los factores ambientales, se anotó las

observaciones, se tomó fotografías y se valoró el impacto en los formatos de las matrices elaboradas para su evaluación.

c) Disposición final

Al ser el relleno sanitario de Tulcán el sitio de disposición final de los residuos de Huaca, la evaluación se realizó en la visita a este relleno, para ello se procedió a evaluar el impacto que tienen las diferentes actividades de operación hacia los diferentes factores ambientales mediante la observación y calificación en las matrices establecidas. Los factores ambientales identificados se presentan en la tabla 16.

Tabla 16
Componentes ambientales

COMPONENTE	SUB-COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL
ABIÓTICO	AIRE	Calidad del aire
		Emisión de olores
		Nivel de ruido
	SUELO	Calidad del suelo
		Erosión
		Estabilidad del terreno
AGUA	Agua Subterránea	
	Agua Superficial	
BIÓTICO	FLORA	Remoción de cobertura vegetal
	FAUNA	Alteración de hábitat
		Proliferación de vectores
MEDIO SOCIOECONÓMICO	SOCIAL	Calidad de vida y bienestar
		Salud y seguridad
	ECONÓMICO	Empleo
MEDIO ESTÉTICO	PAISAJE	Calidad visual

Fuente: Geovial (2014)

Elaborado por: Fuertes (2020)

Para evaluar los impactos ambientales de las fases de separación en la fuente, tratamiento y disposición final, se utilizó el Estudio de Impacto Ambiental de Geovial

que se basa en la valoración y categorización de impactos ambientales. La metodología utilizada en este trabajo se fundamenta en la Matriz de Leopold Causa – Efecto, debido a su fácil aplicación y su utilidad en la identificación de las interacciones existentes entre las acciones y factores ambientales (Pinto, 2007).

El método consiste en una matriz de doble entrada, en el que se ubican como filas los factores ambientales que pueden ser afectados y como columnas las principales actividades de las fases de gestión de residuos estudiadas que pueden alterar el ambiente (Geovial, 2014). El primer paso para el uso de la matriz de Leopold es identificar las interacciones existentes entre las acciones y los factores ambientales que pueden verse afectados sea de manera positiva o negativa (Pinto, 2007).

3.2.1.2.1. Valoración del impacto

Un impacto ambiental se categoriza en base a su magnitud e importancia. Para globalizar estos criterios, se realizó la media geométrica de la multiplicación de los valores de importancia y magnitud, respetando el signo de su identificación o carácter (Geovial, 2014). El resultado de esta operación responde a la ecuación 3.1.

$$\text{Valor del Impacto} = \pm(I * M)^{0.5} \quad (3.1)$$

Donde:

I: Importancia del impacto

M: Magnitud del impacto

±: Identificación de impacto (+) positivo (-) negativo

a) Importancia del impacto

Se refiere a la trascendencia de una acción sobre un factor, para lo cual se aplica la metodología basada en evaluar las características de extensión, duración y reversibilidad.

- **Extensión:** es el área de influencia en relación con el entorno.
 - **Duración:** es el tiempo que dura la afectación, considerando también las implicaciones indirectas o futuras.
 - **Reversibilidad:** capacidad de volver a las condiciones iniciales una vez producido el impacto ambiental.
- (Geovial, 2014).

El cálculo del valor de importancia se realizó utilizando la ecuación 3.2.

$$I = \%E * Ve + \%D * Vd + \%R * Vr \quad (3.2)$$

Donde:

I: Valor calculado de la importancia del impacto ambiental

%E: Peso del criterio de extensión

Ve: Valor del criterio de extensión

%D: Peso del criterio de duración

Vd: Valor del criterio de duración

%R: Peso del criterio de reversibilidad

Vr: Valor del criterio de reversibilidad

Para la presente evaluación se ha definido los siguientes factores de ponderación: *%E*=0.30, *%D*=0.40 y *%R*=0.30. La puntuación aplicada a las características de la importancia del impacto ambiental se muestra en la tabla 17.

Tabla 17

Valoración de las características de importancia del impacto

CARACTERÍSTICA	PUNTUACIÓN				
	1	2.5	5	7.5	10
Extensión	Puntual	Parcial	Local	Generalizada	Regional
Duración	Ocasional	Temporal	Periódica	Recurrente	Permanente
Reversibilidad	Reversible	Corto plazo	Medio plazo	Largo plazo	Irreversible

Fuente: Geovial (2014)

Elaborado por: Fuertes (2020)

Los valores fluctúan entre 1 y 10, considerando a 10 como un impacto de total trascendencia y directa influencia.

b) Magnitud del impacto

La magnitud del impacto corresponde al grado de incidencia sobre el factor ambiental en el ámbito específico en que actúa. La puntuación se establece en base al juicio del evaluador, sus valores se presentan en la tabla 18.

Tabla 18

Valoración de magnitud del impacto

	PUNTUACIÓN				
	1	2.5	5	7.5	10
MAGNITUD	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta

Fuente: Geovial (2014)

Elaborado por: Fuertes (2020)

Un impacto que se califique con magnitud 10, denota una muy alta incidencia de esa acción sobre la calidad ambiental del factor con el que interacciona.

3.2.1.2.2. Categorización de impactos ambientales

En base al valor del impacto, la categorización de los impactos ambientales identificados y evaluados se conforman en cuatro categorías:

- **Impactos Altamente Significativos:** son impactos de carácter negativo, cuyo valor de impacto es mayor o igual a 6.5 y corresponden a las afecciones de elevada incidencia sobre el factor ambiental, difícil de corregir, con afectación irreversible, de extensión generalizada y de duración permanente.
- **Impactos Significativos:** son de carácter negativo, cuyo valor de impacto es menor a 6.5 pero mayor o igual a 4.5, se caracterizan por ser factibles de corrección, de extensión local y de duración temporal.
- **Despreciables:** son impactos de carácter negativo, con valor de impacto menor a 4.5. A esta categoría conciernen los impactos capaces plenamente de corrección que se compensan durante la ejecución del Plan de Manejo Ambiental, son reversibles, con influencia puntual y de duración esporádica.
- **Benéficos:** aquellos de carácter positivo que son benéficos para el proyecto. (Geovial, 2014).

3.2.2. ENCUESTAS

La información de las encuestas es importante porque permite obtener opiniones o sugerencias de un grupo en estudio, respecto a un tema en particular (Gil & Martínez, 2010). Primero, se determinó el tamaño de la muestra, es decir el número de viviendas y locales comerciales a ser encuestados y muestreados. Así como también, el número de encuestas y muestras en las otras fuentes de generación.

Debido a que, la generación de residuos sólidos está influenciada por el nivel socioeconómico de los generadores, en el trabajo se aplicó dos tipos de encuestas: socioeconómica y del manejo de residuos en el cantón según su fuente generadora. La encuesta socioeconómica se aplicó únicamente al sector domiciliario.

3.2.2.1. Determinación de la muestra

a) Domiciliar y comercial

Para determinar el número de encuestas y el número de muestras para el respectivo estudio, se utilizó la metodología del Dr. Kunitoshi Sakurai, descrita en la "Guía para caracterización de residuos sólidos domiciliarios" (CEPIS/OPS, 2005), usando la ecuación 3.3.

$$n = \frac{Z^2_{1-\alpha/2} N \sigma^2}{(N-1)E^2 + Z^2_{1-\alpha/2} \sigma^2} \quad (3.3)$$

Donde:

$Z_{1-\alpha/2}$: El nivel de confianza más utilizado es $1-\alpha=0.95$; esto es, un coeficiente de confianza $Z_{1-\alpha/2}$ igual a 1.96

N : Las viviendas y comercios del cantón bajo estudio

σ : Desviación estándar, se usa un valor de 0.5

E : El error permisible debe estar entre 1% y 15%, para el presente trabajo se toma un valor de 10%

n : Tamaño de la muestra

El número de viviendas se definió gracias a la información del catastro urbano y rural, brindada por la Dirección de Planificación, Avalúos y Catastros. Mientras que, el número de comercios se obtuvo de la Patente Actualizada de la Dirección de Rentas Internas y Sistemas. En la guía CEPIS/OPS se recomienda realizar un muestreo por estratos, para lo cual se establecieron tres zonas: sector urbano, rural y comercial.

b) Mercado

Al tener un solo mercado municipal, las encuestas se realizaron a comerciantes en un domingo de feria y la muestra se definió de acuerdo con los puestos que laboraron en la semana de muestreo.

c) Unidades educativas

El total de encuestas se definió de acuerdo con el número de unidades, es decir, cinco unidades educativas. Para el muestreo se escogió dos unidades educativas, una en el sector rural y otra en el sector urbano. La Unidad Educativa Huaca de la zona urbana fue elegida por ser la más representativa con el mayor número de estudiantes.

d) Subcentros de salud

El total de encuestas y muestras se definió de acuerdo con el número de subcentros, es decir, dos. En el Subcentro Huaca (zona urbana) y Subcentro Mariscal Sucre (sector rural).

e) Barrido

No se realizaron encuestas y se asignó tres muestras, correspondientes al barrido de tres jornaleros en una distancia de 300 metros cada uno, en tres diferentes sectores donde se realiza esta actividad.

3.2.2.2. Encuestas de estratificación socioeconómica

Para determinar el nivel socioeconómico del cantón Huaca, se realizó encuestas de estratificación socioeconómica basadas en la metodología utilizada por el INEC (NSE- niveles socioeconómicos). La encuesta estableció preguntas sobre características de la vivienda, acceso a tecnología, posesión de bienes, hábitos de consumo, nivel de educación y actividad económica del hogar. Esta encuesta se realizó al sector domiciliario y su formato se encuentra en el Anexo 1.

A cada respuesta se le asignó un puntaje ponderado y para identificar el grupo socioeconómico se sumaron todos los valores de las respuestas, obteniendo un puntaje total que varía de acuerdo con el nivel socioeconómico según la tabla 19.

Tabla 19

Puntaje de grupos socioeconómicos

Grupos Socioeconómicos	Umbrales (puntos)
A (alto)	845.1 a 1000
B (medio alto)	696.1 a 845
C+ (medio típico)	535.1 a 696
C- (medio bajo)	316.1 a 535
D (bajo)	0 a 316

Fuente: INEC (2011)

Elaborado por: Fuertes (2020)

3.2.2.3. Encuestas del manejo de residuos

Las encuestas del manejo de residuos realizadas a las fuentes de generación: domiciliario, comercial, mercado, unidades educativas y subcentro de salud, tuvieron en su mayoría preguntas de selección múltiple. No obstante, también se dio la oportunidad para que la población exprese su opinión sobre la gestión actual de los residuos. Las preguntas se encaminaron a la obtención de información sobre la separación en la fuente, almacenamiento, recolección, tratamiento, disposición final y problemas generados por los residuos, los formatos utilizados se adjuntan en el Anexo 2.

3.3. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Para caracterizar los residuos en el cantón Huaca se consideraron las fuentes de generación: domiciliar, comercial, mercado, unidades educativas, subcentros de salud y barrido. El método de muestreo utilizado en este proyecto fue el muestreo directo, que consiste en el pesaje de los residuos sólidos en la fuente generadora (Castillo, 2012).

Para la caracterización se siguió la metodología presentada en la “Guía para caracterización de residuos sólidos domiciliarios” (CEPIS/OPS, 2005), “Guía para el desarrollo del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales” (MINAM, 2015) y “Norma Mexicana NMX-AA-61-1985” (Dirección General de Normas, 1992), la caracterización permitió determinar la cantidad, composición, densidad y generación per cápita de los RSU.

3.3.1. MATERIALES Y EQUIPOS

Para el trabajo de caracterización se utilizaron varios materiales y equipos como:

- Bolsas plásticas LDPE (azul, verde, negro)
- Balanza digital con capacidad de 50 kg
- Báscula de capacidad 200 kg
- Tacho cilíndrico metálico de capacidad 126 litros
- Flexómetro
- Adhesivos de colores (azul, amarillo y naranja)
- Marcadores
- Cámara fotográfica
- Escobas y recogedor
- Vehículo
- Mandil, guantes, mascarilla y gorra

3.3.2. PROCEDIMIENTO PARA EL PLAN DE MUESTREO

3.3.2.1. Domiciliar y comercial

- Las viviendas y comercios fueron seleccionados de manera aleatoria.
- Se realizó una visita previa para poner en conocimiento sobre el estudio y su importancia.
- Se presentó un oficio de invitación dirigida por parte del Sr. Alcalde del cantón indicando las actividades a realizarse. Además, se hizo firmar un registro de participación en caso de que el ciudadano acepte y en caso de rechazo se buscó otra vivienda y/o comercio.
- Las viviendas y comercios participantes se identificaron con adhesivos, de color verde para la parte urbana, amarillo sector rural y naranja para los comercios. Este membrete se colocó en un lugar visible y en él se detalló información como el nombre de la familia, código único para su identificación, número de habitantes y fecha; para el caso de los comercios únicamente se anotó un código y el tipo de comercio. El formato de membrete se encuentra en el Anexo 3.
- Una vez identificadas las viviendas y comercios se aplicó las encuestas respectivas. En los domicilios se realizaron dos encuestas, socioeconómica y del manejo de los residuos. En los comercios únicamente se realizó la encuesta de manejo de residuos.
- Se estableció la ruta de muestreo, para ello fue necesario realizar dos recorridos previos a la semana de recolección de las muestras.
- Se socializó puerta a puerta, a los encargados del manejo de los residuos en cada casa y local comercial, sobre la separación en la fuente. Para la capacitación se utilizó ejemplos demostrativos y un tríptico donde se explicó de manera más detallada la información correspondiente para la correcta clasificación, el formato se encuentra adjunto en el Anexo 4.
- Las bolsas se identificaron correctamente con etiquetas, para el sector domiciliar se especificó nombre de la familia, número de habitantes, código y día de muestreo. Para los locales comerciales se detalló actividad, código y día de muestreo.

- Se entregó tres fundas vacías de colores, verde para residuos orgánicos, azul para residuos reciclables y negra para residuos no aprovechables. Solicitando que depositen los residuos generados en la vivienda y local comercial durante un día sin cambiar sus costumbres o rutina diaria.
- Se recogieron las muestras y se entregaron otras bolsas vacías para el día siguiente. El horario de recolección fue de 7H30 hasta las 15H00. Esta actividad se realizó durante 8 días consecutivos, desde el 20 al 27 de octubre de 2019, al finalizar cada jornada se transportaron las bolsas al lugar de acopio para su respectiva caracterización. En el octavo día únicamente se recogieron las bolsas con los residuos generados el día anterior y se agradeció a las personas de las viviendas y comercios participantes.

En la figura 6 se pueden observar imágenes de las actividades del plan de muestreo en el sector domiciliario y comercial.



Figura 6. Plan de muestreo sector domiciliario y comercial
Elaborado por: Fuertes (2020)

3.3.2.2. Mercado

- Para iniciar con el muestreo se realizó una visita al mercado municipal y se socializó a los comerciantes sobre el estudio a desarrollar y su importancia.
- Una semana antes del muestreo se aplicó las encuestas sobre el manejo de residuos en el mercado.
- Se capacitó a los vendedores sobre la clasificación correcta y se le pidió colocar los residuos en las fundas de color verde, azul y negro, según la explicación.
- Se recolectó los residuos durante una semana del 18 al 24 de noviembre de 2019, de lunes a sábado únicamente laboraron de tres a cuatro puestos, el día de feria (domingo) es el de mayor actividad comercial y debido a la cantidad de residuos generados, se utilizó costales correctamente identificados. Se procuró que la recolección se efectúe a la misma hora en que se entregaron las bolsas el día anterior (véase figura 7).
- Las muestras fueron transportadas al vivero municipal, lugar de acopio destinado para la caracterización.



Figura 7. Recolección en mercado
Elaborado por: Fuertes (2020)

3.3.2.3. Unidades educativas

- En las unidades educativas Huaca y Mariscal Sucre, se inició el plan de muestreo con una visita para poner en conocimiento a los directores sobre el estudio, la socialización a los estudiantes y la recolección de residuos a realizarse.
- Se realizó las encuestas sobre el manejo de residuos, para ello se dialogó con los directores y señores conserjes.
- Como requisito para el muestreo respectivo y por solicitud de los directores se obtuvo primero el permiso por parte del Distrito de Educación Zona 1 Huaca-Tulcán.
- Con la aprobación respectiva se socializó el proyecto a los alumnos en el momento cívico en la Unidad Educativa Mariscal Sucre. Mientras que, en la Unidad Huaca se visitó cada una de las aulas, para informar sobre el proyecto y con ayuda de ejemplos se explicó los tipos de residuos y el color del recipiente correspondiente. Además, se colocaron afiches sobre la correcta clasificación de los residuos, véase Anexo 5.
- Se colocaron bolsas de colores verde (orgánico), azul (reciclable) y negro (no aprovechables) en los puntos ecológicos y contenedores de las unidades educativas.
- Se recolectaron las bolsas con residuos diariamente durante cinco días y se cambió por otras bolsas vacías. En la Unidad Mariscal Sucre fue del 18 al 22 de noviembre de 2019 y en la Unidad Huaca del 2 al 6 de diciembre del 2019. El horario fue al finalizar la jornada laboral a las 13H30, las bolsas se recogieron con ayuda de los señores conserjes.
- Las muestras fueron llevadas al respectivo sitio para su caracterización.

En la figura 8 se observa la sensibilización a los estudiantes de la Unidad Educativa Huaca y la recolección de los residuos.



Figura 8. Sensibilización a estudiantes y recolección en unidades educativas
Elaborado por: Fuertes (2020)

3.3.2.4. Subcentros de salud

- En los dos subcentros del cantón, se dialogó con los directores y encargados del manejo de los residuos con la finalidad de poner en conocimiento el trabajo a desarrollar.
- Se aplicó las encuestas respectivas sobre el manejo de los residuos.
- Como requisito para el muestreo respectivo se obtuvo primero el permiso por parte del Distrito de Salud Zona 1 Huaca-Tulcán.
- Se ubicaron afiches en varios puntos de los subcentros para la correcta separación (véase Anexo 5).
- Con la aprobación respectiva, se procedió al muestreo, para ello se colocaron bolsas de colores verde (orgánico), azul (reciclable) y negro (no aprovechables), en los puntos ecológicos y contenedores de los consultorios de los subcentros.
- La recolección se realizó desde el 25 al 29 de noviembre de 2019 en el Subcentro Mariscal (zona rural) y del 2 al 8 de diciembre del 2019 en el Subcentro Huaca (zona urbana). El horario fue a las 16H30 al finalizar la jornada laboral, cada día se recogían las muestras y se reemplazaban con nuevas bolsas vacías.
- Las fundas con los residuos fueron llevadas al lugar de acopio.

3.3.2.5. Barrido

La campaña de muestreo fue de un día para las tres muestras recolectadas de una distancia de 300 metros en las rutas Subcentro de Salud-GAD-M y Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús- Unidad de Policía Comunitaria. Debido a las condiciones de los residuos, se utilizó un solo recipiente para el pesaje y se tomó la muestra como desechos no aprovechables.

3.3.3. DETERMINACIÓN DE LA GENERACIÓN TOTAL DIARIA DE RSU DE DIFERENTES FUENTES GENERADORAS

En el sitio de caracterización las muestras de comercios, mercado, unidades educativas y subcentros se pesaron de manera independiente anotando el peso respectivo según el color de funda y día de muestreo. Para obtener la cantidad total muestreada de residuos generados por día se aplicó la ecuación 3.4.

$$G_{\text{otros generadores}} = G_{\text{COM}} + G_{\text{EDU}} + G_{\text{MER}} + G_{\text{SSALUD}} + G_{\text{BARR}} \quad (3.4)$$

Donde:

$G_{\text{otros generadores}}$: Generación total diaria de RSU por tipo de generador (kg/día)

G_{COM} : Generación total diaria RSU en comercios (kg/día)

G_{EDU} : Generación total diaria de RSU en unidades educativas (kg/día)

G_{MER} : Generación total diaria RSU en mercado (kg/día)

G_{SSALUD} : Generación total diaria de residuos sólidos asimilables a domésticos en subcentros de salud (kg/día)

G_{BARR} : Generación total diaria de RSU de barrido (kg/día)

3.3.3.1. Comercial

Para calcular la generación total diaria de residuos sólidos en comercios, primero se obtuvo la generación por comercio, dividiendo el peso de residuos recolectados para el número de comercios muestreados, según la ecuación 3.5.

$$G_{\text{RS/comercio}} = \frac{G_{\text{RSC}}}{n_c} \quad (3.5)$$

Donde:

$G_{RS/comercio}$: Generación diaria de RSU por comercio (kg/comercios*día)

G_{RSC} : Generación diaria de RSU en comercios muestreados (kg/día)

n_C : Número de comercios muestreados (comercios)

Luego se aplicó la ecuación 3.6 donde se multiplica $G_{RS/comercio}$ por el número total de comercios del cantón.

$$G_{COM} = G_{RS/comercios} * N_C \quad (3.6)$$

Donde:

G_{COM} : Generación total diaria de RSU en comercios (kg/día)

$G_{RS/comercio}$: Generación diaria de RSU por comercio (kg/comercios*día)

N_C : Número total de comercios del cantón (comercios)

3.3.3.2. Mercado

Para calcular la generación diaria de residuos en el mercado municipal, se sumó la cantidad total recolectada durante la semana de muestreo y se dividió para los días correspondientes, según la ecuación 3.7.

$$G_{MER} = \frac{G_{RSM}}{N_D} \quad (3.7)$$

Donde:

G_{MER} : Generación total diaria de RSU en mercado (kg/día)

G_{RSM} : Generación de RSU en mercado muestreado (kg)

N_D : Número de días de muestreo (días)

3.3.3.3. Unidades educativas

Para el cálculo de la generación total de residuos sólidos en las unidades educativas del cantón, primero se obtuvo la tasa de generación de residuos por estudiante, según la ecuación 3.8.

$$G_{RS/estudiante} = \frac{G_{RSE}}{n_E} \quad (3.8)$$

Donde

$G_{RS/estudiante}$: Generación diaria de RSU por estudiante (kg/estudiante*día)

G_{RSE} : Generación diaria de RSU en unidades muestreadas (kg/día)

n_E : Número de estudiantes incluidos en el muestreo (estudiantes)

Luego se multiplicó la tasa de generación por estudiante por el total de alumnos de las unidades educativas del cantón, según la ecuación 3.9.

$$G_{EDU} = G_{RS/estudiante} * N_E \quad (3.9)$$

Donde:

G_{EDU} : Generación total diaria de RSU en unidades educativas (kg/día)

$G_{RS/estudiante}$: Generación diaria de RSU por estudiante (kg/estudiante*día)

N_E : Número total de estudiantes del cantón (estudiantes)

3.3.3.4. Subcentros de salud

Para calcular la generación total diaria de residuos asimilables a domésticos en subcentros de salud, se dividió la cantidad recolectada para el número de subcentros muestreados, según la ecuación 3.10.

$$G_{RS/subcentro} = \frac{G_{RSS}}{n_S} \quad (3.10)$$

Donde:

$G_{RS/subcentro}$: Generación diaria de residuos sólidos asimilables a domésticos en subcentros de salud (kg/sub*día)

G_{RSS} : Generación diaria de residuos sólidos asimilables a domésticos muestreados (kg/día)

n_S : Número de subcentros muestreados (subcentros)

Luego se multiplicó $G_{RS/subcentro}$ por el número de subcentros del cantón, según la ecuación 3.11.

$$G_{SSALUD} = G_{RS/subcentros} * N_S \quad (3.11)$$

Donde:

G_{SSALUD} : Generación total diaria de residuos sólidos asimilables a domésticos en subcentros de salud (kg/día)

$G_{RS/subcentro}$: Generación diaria de residuos sólidos asimilables a domésticos en subcentro de salud (kg/sub*día)

N_S : Número de subcentros del cantón (subcentros)

3.3.3.5. Barrido

Para calcular la generación diaria de los residuos sólidos de barrido de calles se dividió el peso total de residuos recolectados para la distancia del tramo de la muestra, según la ecuación 3.12.

$$G_{RS/metro} = \frac{G_{RSB}}{n_B} \quad (3.12)$$

Donde:

$G_{RS/metro}$: Generación diaria de RSU de barrido (kg/metros*día)

G_{RSS} : Generación diaria de RSU recolectados de barrido (kg/día)

n_B : Longitud del tramo de barrido de la muestra (metros)

Para calcular la generación total diaria de barrido se multiplica $G_{RS/metros}$ por la longitud total de la ruta de barrido (5 km), según la ecuación 3.13.

$$G_{BARR} = G_{RS/metros} * N_B \quad (3.13)$$

Donde:

G_{BARR} : Generación total diaria de RSU de barrido (kg/día)

$G_{RS/metro}$: Generación diaria de RSU de barrido (kg/metros*día)

N_B : Longitud total de la ruta de barrido (metros)

3.3.4. DETERMINACIÓN DE LA GENERACIÓN PER CÁPITA DIARIA TOTAL

De acuerdo con el estudio de Castillo (2012), se establece que la generación per cápita diaria total es la suma de la GPC_{DOM} más la generación per cápita de otras

fuentes como una producción de residuos asociada, como se muestra en la ecuación 3.14.

$$GPC_{TOTAL} = GPC_{DOM} + GPC_{OTROS\ GENERADORES} \quad (3.14)$$

Donde:

GPC_{TOTAL} : Generación per cápita total de RSU del cantón (kg/hab*día)

GPC_{DOM} : Generación per cápita de residuos sólidos domiciliar (kg/hab*día)

$GPC_{OTROS\ GENERADORES}$: Generación per cápita de RSU de otras fuentes de generación (kg/hab*día)

3.3.4.1. Generación per cápita domiciliar

- En el sitio de caracterización se pesó cada bolsa de manera independiente, registrándose los pesos respectivos según el código y color. Se descartó la muestra del primer día, muestra cero, debido a que no se conocía la cantidad de residuos almacenados en días anteriores.
- Se determinó el número de habitantes por vivienda en función de las encuestas realizadas a las casas seleccionadas.
- Se dividió el peso de los RSU generados en un día para el número de habitantes de la vivienda (CEPIS/OPS, 2005), según ecuación 3.15.

$$GPC_{DOM} = \frac{\text{Peso de residuos (kg/día)}}{\text{Número de personas (hab)}} \quad (3.15)$$

Donde:

GPC_{DOM} : Generación per cápita de residuos sólidos domiciliar (kg/hab*día)

3.3.4.1.1. Validación de la muestra

Para el sector domiciliar se realizó la validación de la muestra, obteniendo un valor más confiable de la GPC_{TOTAL} . En primer lugar, se eliminó las muestras que no colaboraron constantemente en la campaña de muestreo, siendo un total de 12. El segundo punto consistió en la validación de los valores obtenidos, en base a la

metodología descrita en la “Norma Mexicana NMX-AA-61-1985” (Dirección General de Normas, 1992). El procedimiento que se aplicó fue el siguiente:

- a) Se calculó el promedio de generación per cápita con los datos obtenidos para cada una de las viviendas.
- b) Utilizando la distribución normal estándar se calculó los puntos de inflexión inferior $\mu - \sigma$ y superior $\mu + \sigma$.
- c) Los valores de generación per cápita se ordenaron de manera ascendente y se realizó el análisis de rechazo de observaciones sospechosas.
- d) Se verificó el tamaño de la premuestra (n), para ello se calculó el tamaño real de la muestra (n_r), considerando la desviación estándar de n y utilizando la distribución "t" de Student. Para su determinación se utilizó la ecuación 3.16.

$$n_r = \left(\frac{t * s}{E} \right)^2 \quad (3.16)$$

Donde:

n_r : Tamaño real de la muestra

t : Percentil de la distribución t de Student, correspondiente al nivel de confianza definido por el riesgo empleado en el muestreo

s : Desviación estándar de la premuestra

E : Error muestral en kg/hab*día, emplear un valor comprendido entre el intervalo: $0.04 \text{ kg/hab*día} \leq E \leq 0.07 \text{ kg/hab*día}$.

- e) Una vez obtenido el tamaño real de la muestra se realizó la validación en relación con los siguientes casos:
 - Si $n_r > n$, obtener en campo las muestras faltantes.
 - Si $n_r = n$, considerar como válido el muestreo aplicado.
 - Si $n_r < n$, considerar válido el valor de la muestra n .
- f) Una vez validado el muestreo se obtuvo el promedio de los valores de generación per cápita de las viviendas para obtener el GPC_{DOM} .

3.3.4.2. Generación per cápita de otros generadores

La generación per cápita asociada de otras fuentes de generación se determinó, dividiendo la cantidad de residuos generados por día de las fuentes comercial, mercado, unidades educativas, subcentros y barrido para la población del cantón Huaca (AsamTech, 2018), expresada en la ecuación 3.17.

$$GPC_{OTROS\ GENERADORES} = \frac{G_{otros\ generadores}}{P_T} \quad (3.17)$$

Donde:

$GPC_{OTROS\ GENERADORES}$: Generación per cápita de RSU de otras fuentes de generación (kg/hab*día)

$G_{otros\ generadores}$: Generación total diaria de RSU por tipo de generador (kg/día)

P_T : Población total del cantón (habitantes)

3.3.5. DETERMINACIÓN DE LA GENERACIÓN TOTAL DIARIA DE RSU

Para determinar la generación total diaria de residuos se multiplicó la generación per cápita total por el número de habitantes del cantón, según la ecuación 3.18.

$$Generación\ total\ diaria\ de\ residuos\ (GTR) = GPC_{TOTAL} * P_T \quad (3.18)$$

Donde:

GTR : Generación total de residuos (kg/día)

GPC_{TOTAL} : Generación per cápita total de RSU del cantón (kg/hab*día)

P_T : Población total del cantón (habitantes)

3.3.5.1. Proyección poblacional y de la cantidad de RSU

La proyección de la población se obtuvo al utilizar la ecuación 3.19 con una tasa de crecimiento poblacional de 1.19%. Para determinar la cantidad de RSU generados se multiplicó la generación per cápita total obtenida por la proyección poblacional. La tasa de crecimiento de producción de residuos puede variar entre 0.5% y 1% (Zepeda, 2010).

$$P_F = P_0(1 + i)^{n_a} \quad (3.19)$$

Donde:

P_F : Población futura

P_0 : Población presente

i : Tasa de crecimiento

n_a : Número de años

3.3.6. DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RSU

Para determinar la composición física de los RSU se utilizó la muestra de un día. Se abrieron las fundas verdes, azules y negras, y se colocaron los residuos sobre un plástico formando un montón y se separaron en los diferentes subproductos que se detallan en la tabla 20

Tabla 20

Subproductos de los RSU

ORGÁNICOS	Residuos de alimentos	
RECICLABLES	Plásticos	PET
		HDPE
		LDPE
		PP
	Papel	
	Cartón	
	Metal	
	Vidrio	
Tetrapak		
NO APROVECHABLES	Rechazo	Desechos sanitarios
		PVC, PS, Otros
	Textiles	
	Inertes	

Elaborado por: Fuertes (2020)

Se separó los residuos y se depositó en fundas de polietileno para el peso individual de los diferentes componentes o subproductos con la ayuda de la balanza digital. Para obtener el porcentaje de cada componente se utilizó la ecuación 3.20.

$$\text{Porcentaje (\%)} = \frac{P_i}{W_t} \times 100 \quad (3.20)$$

Donde:

P_i : Peso de cada componente (kg)

W_t : Peso total de los residuos recolectados en un día (kg)

Este procedimiento se repitió durante los siete días que duró el muestreo, por lo tanto, a través de un promedio se determinó el porcentaje general. La composición de los residuos se realizó para el sector domiciliar urbano y rural, comercial, mercado, unidades educativas y subcentros de salud, la muestra de barrido se tomó como residuo no aprovechable. En la figura 9 se puede observar la separación de los diferentes subproductos.



Figura 9. Separación de subproductos
Elaborado por: Fuertes (2020)

3.3.7. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE LOS RSU

Para determinar la densidad de los residuos se utilizó un recipiente metálico con un volumen de 126 litros, con un diámetro y altura del recipiente igual a 57 cm y 44 cm, respectivamente, véase figura 10.

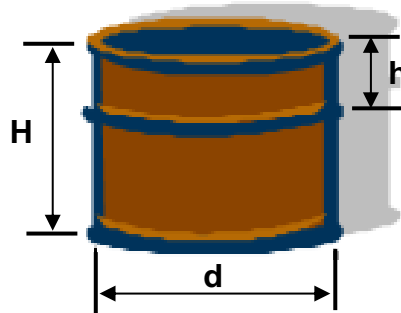


Figura 10. Recipiente para densidad
Fuente: CEPIS/OPS (2005)

Antes de empezar se verificó que el recipiente esté limpio y libre de hundimientos y que la báscula esté nivelada. Luego se pesó el recipiente vacío, seguido, se llenó hasta el tope con los residuos y se golpeó contra el suelo por tres veces, dejándolo caer desde una altura aproximada a 10 cm. Nuevamente se agregó residuos hasta el filo sin presionar el contenido para no alterar el peso volumétrico. Finalmente, del recipiente lleno se registró su peso y por diferencia se obtuvo el peso de los residuos (W). La densidad se determinó para cada tipo de residuos (orgánicos, reciclables y no aprovechables) y se calculó con la ecuación 3.21.

$$D = \frac{W}{V} \quad (3.21)$$

Donde:

D : Densidad (kg/m^3)

W : Peso de los residuos (kg)

V : Volumen de los residuos (m^3)

Para el volumen de los residuos se usó la ecuación 3.22, que corresponde al volumen del recipiente si este está lleno ($h=0$), caso contrario, se debe medir con un flexómetro la altura libre (h) que queda desde los residuos hasta el borde del recipiente, véase figura 11.

$$V = \pi * \left(\frac{d}{2}\right)^2 * (H - h) \quad (3.22)$$

Donde:

V : Volumen del recipiente (m^3)

π : Número Pi

d : Diámetro del recipiente (m)

H : Altura del recipiente (m)

h : altura libre (m)



Figura 11. Determinación de la densidad de residuos

Elaborado por: Fuertes (2020)

CAPÍTULO 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN ACTUAL DE LOS RSU

Con la visita en campo y las encuestas realizadas se pudo obtener información importante sobre el manejo de los residuos en las fases de separación en la fuente, tratamiento y disposición final en el cantón Huaca, que se detalla a continuación.

4.1.1. SEPARACIÓN EN LA FUENTE

4.1.1.1. Domiciliar y comercial

Actualmente en el cantón existe la separación en la fuente, algunas viviendas cuentan con recipientes de color verde para los residuos orgánicos y negro para los desechos inorgánicos, los contenedores se recogen a nivel de vereda, como se observa en la figura 12. La cobertura del uso de recipientes diferenciados no es total, cuatro barrios piloto (Norte, Centro, Sur y Pajablanca Norte) disponen de estos contenedores.



Figura 12. Separación en la fuente en domicilios
Elaborado por: Fuertes (2020)

En la visita se observó que algunos tachos se encuentran deteriorados y en algunas viviendas, a pesar de tener contenedores diferenciados, los residuos no se separan

correctamente y se entregan a la recolección mezclados, como se muestra en la figura 13.



Figura 13. Inadecuada separación de RSU y deterioro de contenedores
Elaborado por: Fuertes (2020)

Además, se observó que varios hogares depositan sus residuos en costales de yute o polipropileno, cartones y fundas plásticas (no es uniforme el tipo de recipientes para el almacenamiento temporal en domicilios). Al depositar los residuos en este tipo de recipientes y no cumplir con el horario de recolección, los perros callejeros rompen las fundas y esparcen los residuos, como se observa en la figura 14.



Figura 14. Vía principal del cantón Huaca
Elaborado por: Fuertes (2020)

En el sector comercial, pocos locales utilizan los recipientes verde y negro, la mayoría solo cuenta con un contenedor en donde se depositan todos los residuos mezclados. Los recipientes del municipio utilizados en algunas viviendas y comercios son de polietileno con un volumen de 0.02 m³.

4.1.1.2. Mercado

En el mercado se observaron deficiencias con respecto a la separación y almacenamiento. Algunos vendedores separan los residuos orgánicos, sin embargo, al no existir tachos diferenciados, todo se mezcla en el almacenamiento temporal. En el día de feria (domingo), el espacio no es suficiente, debido a que los usuarios del mercado no botan los residuos en los últimos tachos. Al ser un lugar estrecho, depositan los residuos en los primeros contenedores y al colapsar, la gente empieza a arrojar los residuos en el piso (ver figura 15). En el lugar se evidenciaron lixiviados, moscas, y malos olores. Los contenedores del almacenamiento temporal que se utilizan son de poliuretano de 0,20 m³ de volumen, no tienen tapa, y en los puestos los vendedores usan fundas plásticas, costales, cartón y recipientes de plástico.



Figura 15. Separación en la fuente en mercado
Elaborado por: Fuertes (2020)

4.1.1.3. Unidades educativas

En todas las unidades educativas se observó que, a pesar de que cuentan con puntos ecológicos, no existe una correcta separación de los residuos. Algunos recipientes estaban deteriorados, a la intemperie, sin tapa y llenos de agua. En la Unidad Educativa Huaca se encontró que los contenedores estaban diferenciados por color, pero no tenían la señalética, gráficos ni rótulos visibles del nombre de los residuos a ser depositados en cada contenedor. Algunos puntos ecológicos se encontraban en desuso, guardados y en áreas no concurridas por los estudiantes (véase figura 16).



Figura 16. Separación en la fuente en unidades educativas

Elaborado por: Fuertes (2020)

Los recipientes de 0.20 m³ de volumen de mayor capacidad se encuentran a la intemperie, no tienen tapa, se acumulan de agua, no tienen la limpieza adecuada, lo que ocasiona olores y moscas. Además, no existe educación ambiental sobre el manejo de residuos en las unidades educativas, se observó que los estudiantes arrojan los residuos en los estadios de fútbol, canchas de básquet y pasillos. No existen buenos hábitos de reducción, reutilización y reciclaje.

4.1.1.4. Subcentros de salud

En los subcentros Huaca y Mariscal Sucre, se observó que existen puntos ecológicos para la separación de RSU, como se muestra en la figura 17. Para el almacenamiento temporal se utiliza un contenedor de poliuretano de 0,20 m³ de volumen. Los subcentros se rigen bajo el “Reglamento Interministerial de Gestión de Desechos Sanitarios Acuerdo Ministerial 5186”, “Reglamento de Gestión de Desechos generados en Establecimiento de Salud Acuerdo Ministerial 323”, “Manual de Gestión Interna de los Residuos y Desechos Generados en los Establecimientos de Salud” y para los residuos aprovechables se utiliza los colores descritos en la “Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2841”.

En el Subcentro Mariscal el punto ecológico está a la intemperie, se usan tapas tipos vaivén las cuales se prohíben en el manual, lo que ocasiona que los contenedores se llenen de agua. En los dos subcentros la separación no se cumple correctamente a pesar de contar con puntos ecológicos, además, no se realiza la recuperación de materiales todo se considera como desechos comunes, se mezcla y se entrega al recolector. El contenedor de almacenamiento temporal en los dos subcentros se encuentra a la intemperie y sin tapa.



Figura 17. Separación en la fuente en subcentros de salud

Elaborado por: Fuertes (2020)

4.1.1.5. Barrido

En las rutas de barrido Subcentro de Salud-GAD-M y Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús- Unidad de Policía Comunitaria, se pudo observar que los jornaleros utilizan escobas, recogedores, carretilla para esta actividad. Todos los residuos de barrido son almacenados en costales y fundas plásticas, sin ningún tipo de separación.

4.1.2. TRATAMIENTO

La planta de compostaje es parte del vivero municipal y se ubica en el sector de Picuales Bajo. El lugar se encuentra alejado de núcleos habitados, está en una zona rural. El radio medido de las casas más cercanas es de 260 metros y con los núcleos más habitados se respeta una distancia de 500 m, como se muestra en la figura 18. Alrededor de la planta existe una barrera natural, la topografía del terreno es plana y cuenta con un registro ambiental para su funcionamiento (Vásquez, 2015).

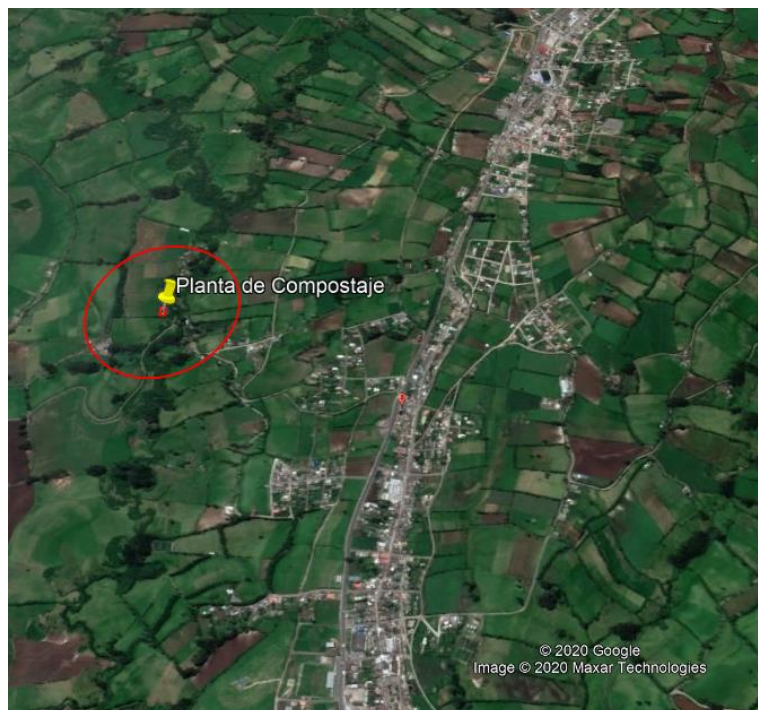


Figura 18. Ubicación de la planta de compostaje
Elaborado por: Fuertes (2020)

La planta de compostaje cuenta con una zona de seguridad perimetral, ingresa solo personal autorizado, tiene suministro de agua potable y dentro del área del vivero municipal se cuenta con energía eléctrica e instalaciones sanitarias y guardianía. Sin embargo, las carreteras para acceder al lugar son de lastre y tierra, y no se encuentran en buen estado.

En la visita in situ a la planta de compostaje del cantón Huaca se evidenció que la separación en la fuente de los residuos orgánicos no se está realizando adecuadamente (ver figura 19), ya que se observaron residuos que no pueden ser compostados (bombillas de luz y plásticos).



Figura 19. Residuos inorgánicos mezclados con orgánicos
Elaborado por: Fuertes (2020)

La planta de compostaje no tiene áreas definidas ni una estructura adecuada, la cubierta es de plástico, pero se encuentra deteriorada haciendo que condiciones meteorológicas como la lluvia tenga influencia sobre el proceso, ocasionando encharcamientos y anaerobiosis. Además, el espacio destinado para la producción de compost no cubre la capacidad, lo que ocasiona falta de espacio para recibir

materia prima nueva y que gran cantidad de compost se encuentre acumulado en el predio a la intemperie ocasionando lixiviados (ver figura 20).



Figura 20. Presencia de lixiviado junto al material compostado

Elaborado por: Fuertes (2020)

La planta de tratamiento de residuos orgánicos convierte dos toneladas semanales, el proceso que se lleva es la transformación de materia orgánica con bacterias que se obtienen de un producto comercial denominado Biomix (Vásquez, 2015). En la visita in situ, se evidenció presencia de vectores principalmente moscas y de emisión de olores debido al proceso actual de producción del compost, además, el abono orgánico final no presenta un aspecto y calidad adecuada, tiene presencia de residuos no compostables, lo que indica una operación deficiente en el tratamiento de residuos orgánicos.

4.1.3. DISPOSICIÓN FINAL

El cantón Huaca no tiene un relleno sanitario, sus residuos han sido depositados durante varios años en el relleno del cantón Tulcán bajo acuerdos firmados entre los alcaldes. El último convenio entre el GAD-M de Tulcán con el cantón Huaca fue firmado el 04 de diciembre de 2019 con una duración de dos años.

Los residuos sólidos urbanos son recolectados por el servicio municipal del cantón Huaca, luego son transportados al relleno sanitario en la ciudad de Tulcán, en el sector la Palizada. El área de disposición final es de 9 hectáreas y su método de

operación es de tipo mecánico a través de rampas aprovechando la topografía del sitio, el material es extraído del mismo lugar. Los residuos sólidos son confinados en una celda diaria, compactados y recubiertos mediante el uso de retroexcavadora de orugas, el relleno tiene las respectivas chimeneas de biógas y los lixiviados son drenados y tratados por biorremediación (AsamTech, 2009).

En la visita in situ se pudo observar la presencia de gallinazos en el área del relleno sanitario, la emisión de olores en la descarga de desechos se intensificaba, pero en los alrededores no presentaba un problema significativo. Además, se pudo evidenciar algunos materiales reciclables como plástico, cartón y aluminio en la descarga de residuos del cantón Huaca (véase figura 21).



Figura 21. Material reciclable en relleno sanitario de Tulcán
Elaborado por: Fuertes (2020)

4.1.3.1. Distancias y tiempos de trayecto

Los resultados de la medición de distancias y registro de tiempos de trayecto a los rellenos sanitarios más cercanos, Tulcán y Montúfar, se presentan en la tabla 21 y en la figura 22 se observa la ubicación de los sitios en Google Earth.

Tabla 21*Distancias y tiempos a rellenos sanitarios de Tulcán y Montúfar*

RUTAS	Kilometraje Tulcán		Kilometraje Montúfar		Relleno Sanitario Tulcán		Relleno Sanitario Montúfar	
	Salida	Llegada	Salida	Llegada	Distancia (km)	Tiempo (min)	Distancia (km)	Tiempo (min)
1	223865	223880	223567	223596	15	0:31:10	29	0:52:00
2	223550	223567	223665	223695	17	0:33:00	30	0:49:00
3	223649	223665	223583	223609	16	0:32:40	26	0:45:36
4	223745	223764	223880	223905	19	0:31:21	25	0:43:20
5	223805	223821	223994	224020	16	0:28:48	26	0:45:00
RESULTADOS					17	0:31:24	27	0:46:59

Elaborado por: Fuertes (2020)

Como se puede observar en la tabla 21 la distancia promedio desde el cantón Huaca al relleno sanitario de Tulcán es menor con respecto a Montúfar. El recorrido tiene en promedio una distancia de 17 km y un tiempo de 31:24 minutos hacia Tulcán. Mientras que, el viaje a Montúfar tiene en promedio una distancia de 27 km y un tiempo de 46:59 minutos.

**Figura 22.** Distancias a rellenos sanitarios Tulcán y Montúfar

Elaborado por: Fuertes (2020)

Con las distancias obtenidas en campo, se determinó la cantidad de combustible y el costo que este representa, como se indica en las tablas 22 y 23, para los rellenos de Tulcán y Montúfar, respectivamente. En las figuras 23 y 24 se pueden observar las distancias que se recorren desde el fin de ruta de recolección del cantón Huaca correspondiente a los cinco días de recolección hacia el sitio de disposición final Tulcán y Montúfar.

Tabla 22

Distancias, tiempos de trayecto y costos de viaje a relleno sanitario de Tulcán

RUTAS	DÍA	Distancia recorrida (km)	Tiempo de trayecto (h)	Valor (gal/km)	Galones utilizados (gal)	Valor gal Diesel \$	Costo \$
1	Lunes	32	1:06:20	0.18	5.70	\$1.037	\$ 5.91
2	Martes	36	1:10:00	0.18	6.41	\$1.037	\$ 6.64
3	Miércoles	34	1:09:20	0.18	6.05	\$1.037	\$ 6.28
4	Jueves	35	0:58:42	0.18	6.25	\$1.037	\$ 6.48
5	Viernes	34	1:01:36	0.18	6.05	\$1.037	\$ 6.28
TOTAL		172	5:25:58		30.46		\$31.59

Elaborado por: Fuertes (2020)

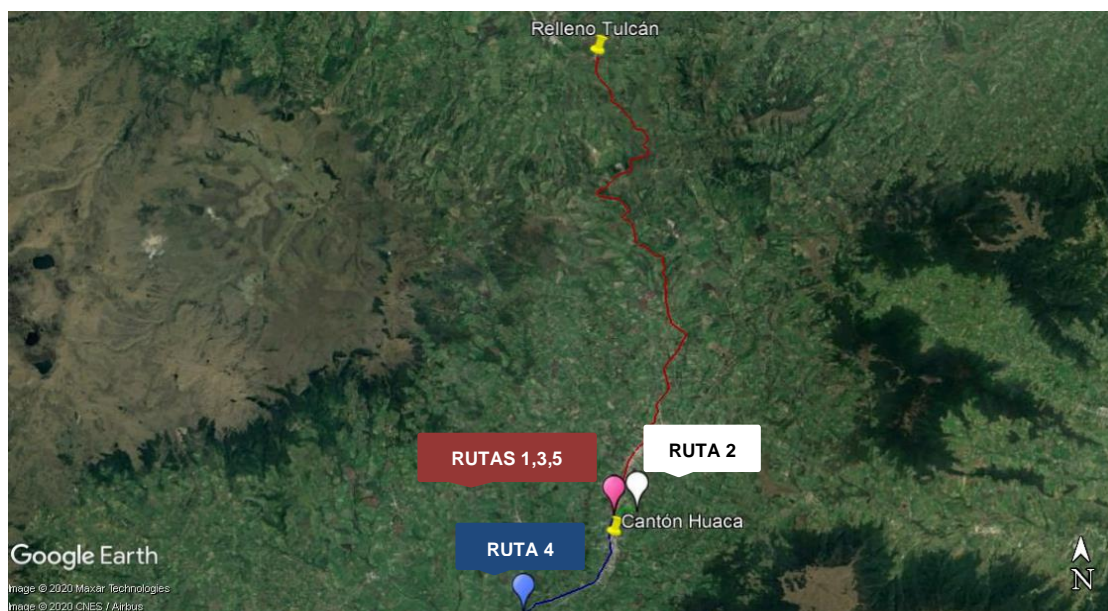


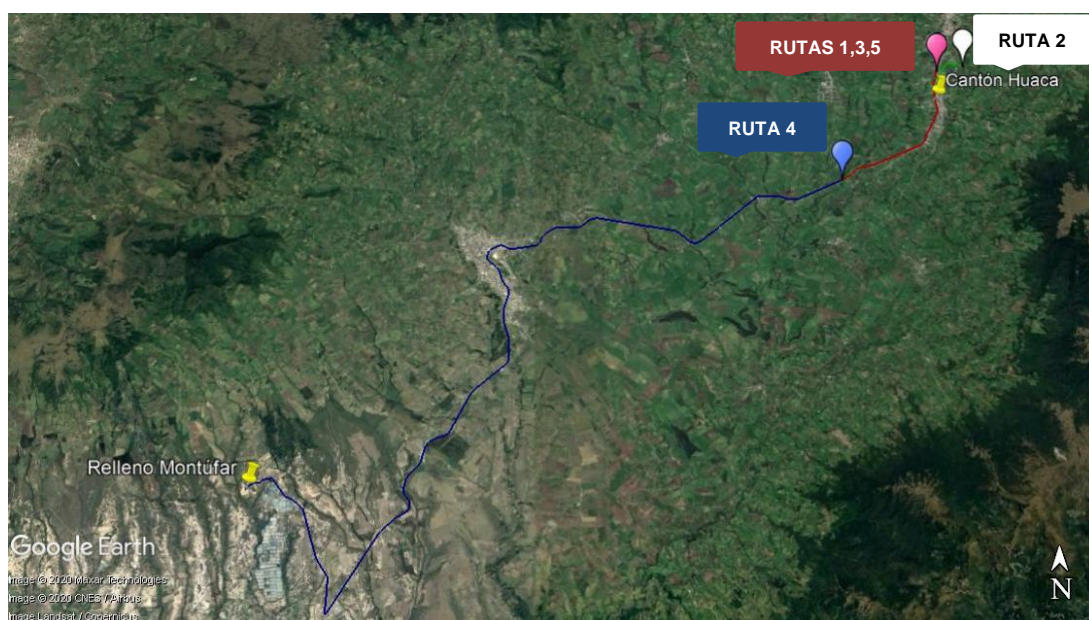
Figura 23. Distancias desde fin de rutas de recolección del cantón Huaca al relleno sanitario de Tulcán

Elaborado por: Fuertes (2020)

Tabla 23*Distancias, tiempos de trayecto y costo de viaje a relleno sanitario de Montúfar*

RUTAS	DÍA	Distancia recorrida (km)	Tiempo de trayecto (h)	Valor (gal/km)	Galones utilizados (gal)	Valor gal Diesel \$	Costo \$
1	Lunes	56	1:40:00	0.18	9.85	\$ 1.037	\$ 10.22
2	Martes	58	1:34:00	0.18	10.21	\$ 1.037	\$ 10.58
3	Miércoles	50	1:27:12	0.18	8.79	\$ 1.037	\$ 9.12
4	Jueves	53	1:30:40	0.18	9.30	\$ 1.037	\$ 9.65
5	Viernes	50	1:26:00	0.18	8.79	\$ 1.037	\$ 9.12
TOTAL		266	7:37:52		46.94		\$ 48.68

Elaborado por: Fuertes (2020)

**Figura 24.** Distancias desde fin de rutas de recolección del cantón Huaca al relleno sanitario de Montúfar

Elaborado por: Fuertes (2020)

La distancia total recorrida durante una semana desde el cantón Huaca hacia el relleno sanitario de Tulcán fue de 172 km con un tiempo de trayecto de 5 horas y 26 minutos, y un costo en combustible de \$31.59. En el recorrido hacia el relleno sanitario de Montúfar se obtuvo una distancia de 266 km, un tiempo de 7 horas y 38 minutos, y un valor de \$48.68 en combustible, además, hay que agregar que para llegar al sitio de disposición de Montúfar se debe pagar \$4 de peaje por viaje.

Por lo tanto, el relleno más cercano que implica menos tiempo y menos dinero en combustible debido a que se encuentra a una distancia menor es el sitio de disposición final del cantón Tulcán.

4.2. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

4.2.1. VALORACIÓN DEL IMPACTO

En la tabla 24 se muestra la matriz de identificación de impactos en la cual se establece el signo (+) para actividades que influyen de manera positiva al factor y con signo (-) que representan los impactos negativos de las actividades a los factores. Se determinó un total de 54 impactos negativos y 11 positivos. El factor que presenta mayor impacto negativo es la emisión de olores, seguido de salud y seguridad. Mientras que el empleo es el mayor impacto positivo. También se puede identificar que la etapa de tratamiento de residuos orgánicos tiene el más alto impacto negativo con respecto a las otras fases.

Tabla 24

Matriz de identificación de impactos ambientales

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES										
Fases de la Gestión de Residuos estudiadas			SEPARACIÓN EN LA FUENTE			TRATAMIENTO	DISPOSICIÓN FINAL			
			Domiciliar y comercial	Unidades Educativas	Mercado	Tratamiento de residuos orgánicos Planta de Compostaje	Descarga de desechos	Cobertura y compactación de desechos	Generación de gases	Generación de lixiviados	Barrera Natural
Componentes Ambientales										
COMPONENTE	SUB-COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	IDENTIFICACIÓN							
ABIÓTICO	AIRE	Calidad del aire			(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)
		Emisión de olores	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(+)
		Nivel de ruido				(-)	(-)	(-)		
	SUELO	Calidad del suelo				(-)	(-)	(-)		(-)
		Erosión				(-)		(-)		
		Estabilidad del terreno				(-)		(-)		
	AGUA	Agua Subterránea				(-)				(-)
		Agua Superficial	(-)							(-)
BIÓTICO	FLORA	Remoción de cobertura vegetal				(-)	(-)	(-)		(+)
	FAUNA	Alteración de hábitat				(-)	(-)			(+)
		Proliferación de vectores	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)		
MEDIO SOCIO-ECONÓMICO	SOCIAL	Calidad de vida y bienestar	(-)	(-)	(-)	(-)			(-)	(+)
		Salud y seguridad		(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
	ECONÓMICO	Empleo				(+)	(+)	(+)		
MEDIO ESTÉTICO	PAISAJE	Calidad visual	(-)		(-)	(-)	(-)	(-)		(+)

Elaborado por: Fuertes (2020)

En la matriz de magnitud, véase tabla 25. Se establece que las actividades de separación en la fuente, tratamiento y disposición final presentan en general valores entre 2.5-7.5, con variación de magnitud baja, media y alta. Por lo tanto, hay que considerar que existe una incidencia de las fases estudiadas sobre la calidad ambiental del factor con los que interaccionan.

Tabla 25

Matriz de magnitud del impacto ambiental

MATRIZ DE MAGNITUD DE IMPACTOS AMBIENTALES										
Fases de la Gestión de Residuos estudiadas			SEPARACIÓN EN LA FUENTE			TRATAMIENTO	DISPOSICIÓN FINAL			
			Domiciliar y comercial	Unidades Educativas	Mercado	Tratamiento de residuos orgánicos Planta de Compostaje	Descarga de desechos	Cobertura y compactación de desechos	Generación de gases	Generación de lixiviados	Barrera Natural
Componentes Ambientales										
COMPONENTE	SUB-COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	MAGNITUD							
ABIÓTICO	AIRE	Calidad del aire			2.5	7.5	1	2.5	7.5	7.5
		Emisión de olores	1	2.5	5	7.5	5	5	5	7.5
		Nivel de ruido				2.5	2.5	2.5		
	SUELO	Calidad del suelo				7.5	5	5		5
		Erosión				7.5		5		
		Estabilidad del terreno				7.5		5		
	AGUA	Agua Subterránea				5				7.5
Agua Superficial		5							7.5	
BIÓTICO	FLORA	Remoción de cobertura vegetal				5	1	2.5		7.5
	FAUNA	Alteración de hábitat				5	2.5			7.5
		Proliferación de vectores	1	1	2.5	7.5	7.5	5		
MEDIO SOCIO-ECONÓMICO	SOCIAL	Calidad de vida y bienestar	1	1	2.5	5			7.5	10
		Salud y seguridad		1	2.5	7.5	2.5	5	7.5	7.5
	ECONÓMICO	Empleo				7.5	7.5	7.5		
MEDIO ESTÉTICO	PAISAJE	Calidad visual	1		2.5	7.5	5	2.5		10

Elaborado por: Fuertes (2020)

En la tabla 26 se muestra el resultado de la evaluación de las matrices de extensión, duración y reversibilidad aplicando la ecuación 3.2. Los valores de cada matriz se adjuntan en el Anexo 6. En la matriz de importancia, se establece que no existen impactos de total trascendencia y directa influencia en el entorno, los valores más altos corresponden a los impactos benéficos. La mayoría de los impactos que se encontraron son de trascendencia e influencia media de las actividades sobre los factores, la fase de tratamiento de residuos orgánicos se puede identificar como la de mayor precaución.

Tabla 26

Matriz de importancia del impacto ambiental

MATRIZ DE IMPORTANCIA DE IMPACTOS AMBIENTALES											
Fases de la Gestión de Residuos estudiadas			SEPARACIÓN EN LA FUENTE			TRATAMIENTO	DISPOSICIÓN FINAL				
			Domiciliar y comercial	Unidades Educativas	Mercado	Tratamiento de residuos orgánicos Planta de Compostaje	Descarga de desechos	Cobertura y compactación de desechos	Generación de gases	Generación de lixiviados	Barrera Natural
Componentes Ambientales											
COMPONENTE	SUB-COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	IMPORTANCIA								
ABIÓTICO	AIRE	Calidad del aire			3.5	5.3	2.7	2.5	8.5		9.3
		Emisión de olores	1.0	2.1	4.5	5.3	2.5	3.3	6.0	7.5	7.5
		Nivel de ruido				2.2	1.9	2.5			
	SUELO	Calidad del suelo				5.6	5.8	5.0		7.5	
		Erosión				5.6		5.0			
		Estabilidad del terreno				5.6		5.8			
	AGUA	Agua Subterránea				6.8				5.3	
Agua Superficial		5.0							5.0		
BIÓTICO	FLORA	Remoción de cobertura vegetal				6.0	5.0	5.8			6.0
	FAUNA	Alteración de hábitat				6.0	5.0				7.5
		Proliferación de vectores	1.5	2.1	2.1	5.0	5.0	5.0			
MEDIO SOCIO-ECONÓMICO	SOCIAL	Calidad de vida y bienestar	1.0	1.6	3.1	5.0			5.0		9.0
		Salud y seguridad		1.6	3.1	5.0	3.3	3.3	5.0	5.0	
	ECONÓMICO	Empleo				6.8	6.0	6.0			
MEDIO ESTÉTICO	PAISAJE	Calidad visual	1.0		3.5	5.3	5.8	5.8			9.3

Elaborado por: Fuertes (2020)

Aplicando la ecuación 3.1 y los valores de importancia y magnitud de las tablas 25 y 26 se obtuvo los resultados del valor de impacto, como se puede observar en la figura 25, las actividades que presentan mayor valor de impacto negativo sobre los factores ambientales son el tratamiento de residuos orgánicos, la generación de gases y lixiviados. Mientras que, barrera natural tiene una incidencia de impacto positivo en la fase de disposición final.

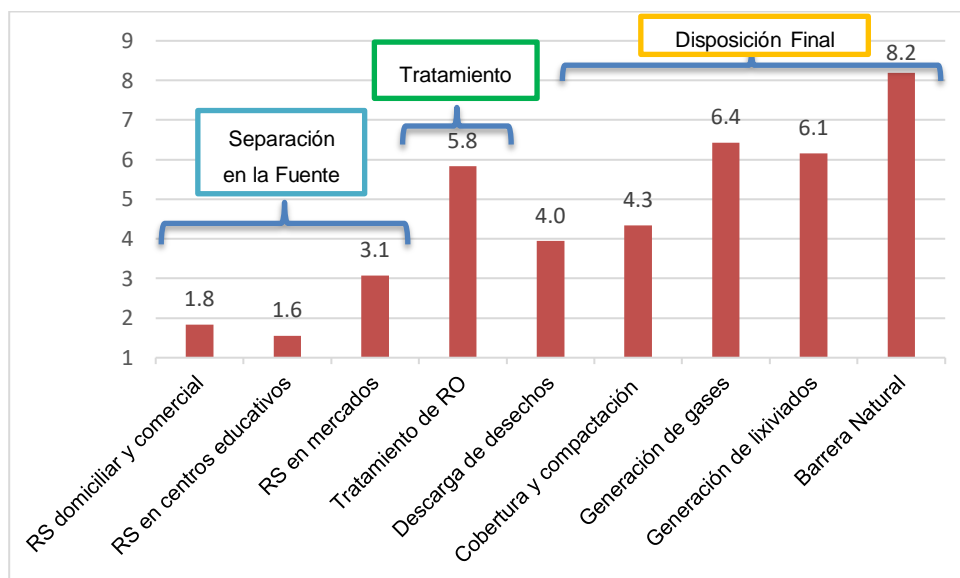


Figura 25. Acciones de las fases de gestión de residuos
Elaborado por: Fuertes (2020)

4.2.2. CATEGORIZACIÓN DEL IMPACTO

Para evaluar la matriz de valor del impacto y categorizarla, se asignó la simbología y valores que se muestran en la tabla 27.

Tabla 27

Simbología de categorización de impacto ambiental

Color	Categoría	Valor
	Altamente significativos	>6.5
	Significativos	4.5- 6.5
	Despreciables	<4.5
	Benéficos	Positivos

Fuente: Geovial (2014)

Elaborado por: Fuertes (2020)

Al analizar la tabla 28 se puede determinar que no existen impactos negativos de elevada incidencia, a excepción de la generación de gases que afecta a la calidad del aire, este se muestra como un impacto altamente significativo, es decir, difícil de corregir, de extensión generalizada, con afección de tipo irreversible y de duración permanente. El factor con mayor valor es el empleo, la actividad de barrera natural en el sitio de disposición final también tiene valores altos, considerándose como benéficos o positivos.

Tabla 28

Matriz de categorización de impactos ambientales

MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES											
Fases de la Gestión de Residuos estudiadas			SEPARACIÓN EN LA FUENTE			TRATAMIENTO	DISPOSICIÓN FINAL				
			Domiciliar y comercial	Unidades Educativas	Mercado	Tratamiento de residuos orgánicos Planta de Compostaje	Descarga de desechos	Cobertura y compactación de desechos	Generación de gases	Generación de lixiviados	Barrera Natural
COMPONENTE	SUB-COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	CATEGORÍA								
ABIÓTICO	AIRE	Calidad del aire			3.0	6.3	1.6	2.5	8.0		8.3
		Emisión de olores	1.0	2.3	4.7	6.3	3.5	4.0	5.5	6.1	7.5
		Nivel de ruido				2.3	2.2	2.5			
	SUELO	Calidad del suelo				6.5	5.4	5.0		6.1	
		Erosión terreno				6.5		5.4			
						6.5		5.4			
	AGUA	Agua Subterránea				5.8				6.3	
Agua Superficial		5.0							6.1		
BIÓTICO	FLORA	Remoción de cobertura vegetal				5.5	2.2	3.8			6.7
	FAUNA	Alteración de hábitat				5.5	3.5				7.5
		Proliferación de vectores	1.2	1.4	2.3	6.1	6.1	5.0			
MEDIO SOCIO-ECONÓMICO	SOCIAL	Calidad de vida y bienestar	1.0	1.3	2.8	5.0			6.1		9.5
		Salud y seguridad		1.3	2.8	6.1	2.9	4.0	6.1	6.1	
	ECONÓMICO	Empleo				7.1	6.7	6.7			
MEDIO ESTÉTICO	PAISAJE	Calidad visual	1.0		3.0	6.3	5.4	3.8			9.6

Elaborado por: Fuertes (2020)

En la figura 26 se observa que la mayoría de los impactos que se determinaron fueron significativos con un 43%, es decir, impactos negativos de fácil corrección, extensión local y duración temporal. Seguido de los impactos despreciables con 38%, que corresponden a todos aquellos impactos factibles de corrección y compensados durante la ejecución del Plan de Manejo Ambiental, son reversibles, de influencia puntual y de duración esporádica. Los porcentajes más bajos corresponden al 17% benéficos de carácter positivo y 2% altamente significativos.

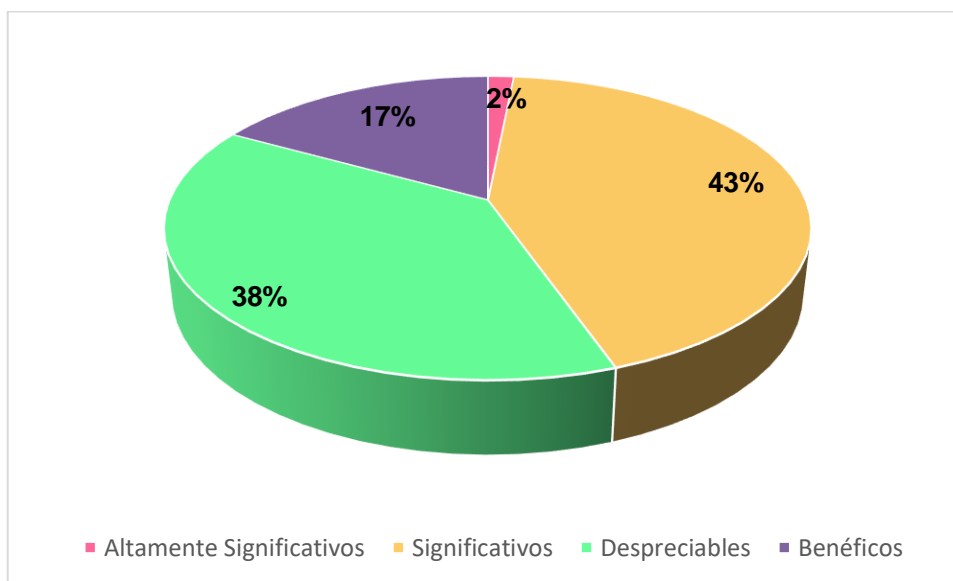


Figura 26. Categorización de impactos ambientales
Elaborado por: Fuertes (2020)

4.3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS ENCUESTAS

4.3.1. TAMAÑO DE LA MUESTRA

Con la información obtenida del catastro urbano y rural que corresponde al número de viviendas igual a 2120, se calculó el tamaño de la muestra aplicando la ecuación 3.3, obteniendo como resultado un total de 92 muestras.

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

$$n = \frac{(1.96)^2 (2120) (0.5)^2}{(2120-1)(0.1)^2 + (1.96)^2 (0.5)^2}$$

$$n = 92$$

En la tabla 29 se detalla la distribución de la muestra calculada para los estratos domiciliar y comercial.

Tabla 29*Tamaño de la muestra en el sector domiciliario y comercial*

MUESTRAS SEGÚN ESTRATOS			
Estratos	Viviendas	Porcentaje (%)	Muestras
Domiciliar urbano	1322	62	57
Domiciliar rural	519	25	23
Comercial	279	13	12
TOTAL	2120	100	92

Elaborado por: Fuertes (2020)

En la tabla 30 se observa el número de encuestas y muestras para las fuentes de generación: mercado, unidades educativas, subcentros y barrido.

Tabla 30*Tamaño de la muestra por fuente específica*

Fuente Generadora	Muestras	Número de encuestas
Unidades educativas	2	5
Subcentros de salud	2	2
Mercado municipal	1	18
Barrido	3	

Elaborado por: Fuertes (2020)

4.3.2. ENCUESTA SOCIOECONÓMICA

Los puntajes obtenidos de la encuesta socioeconómica para cada vivienda se adjuntan en el Anexo 7. En la figura 27 se puede observar el mapa del cantón Huaca con los diferentes sectores encuestados y sus resultados sobre el nivel socioeconómico. En la zona urbana se puede apreciar que la mayoría presenta un nivel socioeconómico medio típico (C+). Mientras que, en los poblados el nivel socioeconómico es medio bajo (C-).

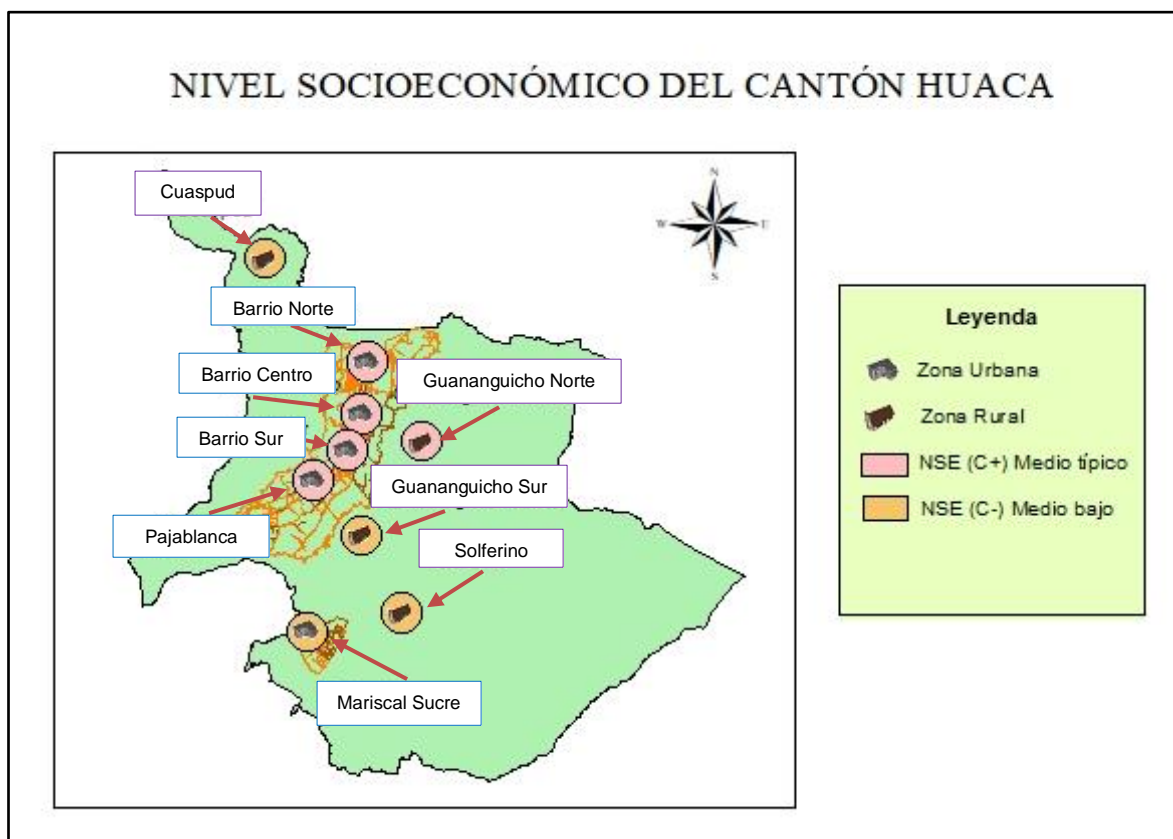


Figura 27. Nivel socioeconómico zona urbana y rural

Elaborado por: Fuertes (2020)

En la tabla 31 se detallan los resultados de las encuestas socioeconómicas, se determinó que el sector urbano con un puntaje promedio de 598 pertenece al grupo C+ y la zona rural con un promedio de 447 tiene un nivel socioeconómico C-.

Tabla 31

Grupos socioeconómicos en el cantón Huaca

Grupos Socioeconómicos	Umbral (puntos)	SECTOR	Puntaje
C+ (medio típico)	535.1 a 696	URBANO	598
C- (medio bajo)	316.1 a 535	RURAL	447

Elaborado por: Fuertes (2020)

Además, en las encuestas se obtuvo que en los sectores rurales más alejados las características de viviendas aún son de adobe y piso de cemento, carecen de red de alcantarillado, existe menor acceso a tecnología. A nivel del cantón la mayoría de los jefes de hogar finalizaron la primaria y se dedican a actividades

agropecuarias, los porcentajes detallados de las encuestas se adjuntan en el Anexo 8. Existe una relación directa entre el sector y el nivel socioeconómico, en la zona urbana se determinaron valores más altos que en la zona rural, con las excepciones respectivas; por lo tanto, se puede establecer un nivel socioeconómico medio típico en el cantón, sin diferencias significativas a excepción de los poblados más alejados que presentan un nivel bajo. La información obtenida coincide a la presentada por Puentestar, Valenzuela & Márquez (2019) en su estudio de condiciones socioeconómicas del cantón Huaca, donde se establece que la población tiene ingresos económicos medios-bajos y pobreza por necesidades básicas insatisfechas, debido a la falta de servicios de sanidad, salud y conectividad.

4.3.3. ENCUESTAS SOBRE EL MANEJO DE LOS RESIDUOS

4.3.3.1. Encuestas del manejo de residuos en diferentes fuentes de generación

a) Sector Domiciliar

Como se puede observar en la figura 28, en la zona urbana existe mayor participación en cuanto a la separación en la fuente con un 69% de las personas encuestadas, debido al programa de separación y recolección diferenciada que ya se cuenta en este sector. En la zona rural el 52% de los hogares encuestados no separan sus residuos, esto se debe a las características propias de esta zona, donde la gente tiene otras prioridades y se ocupa más en actividades de agricultura y ganadería. De las personas que separan sus residuos, el mayor porcentaje lo hace en orgánicos y no aprovechables con un 40% y 31% para la zona urbana y rural, respectivamente. Mientras que, los porcentajes de separación de residuos reciclables son bajos, teniendo valores de 29% para lo urbano y 17% lo rural, el tema de reciclaje aún no es prioridad en ambos sectores.

Al comparar los porcentajes de separación a nivel domiciliar 69% y 48% del cantón Huaca con datos del INEC 2017 donde el 47.47% de los hogares ecuatorianos tienen el hábito de clasificar sus residuos (Benavides & Guallasamin, 2017). Se

establece que, el porcentaje de separación en el cantón de estudio es mayor para la zona urbana debido a la recolección diferenciada y el programa que inició hace unos años en este lugar. Sin embargo, como se explicó anteriormente, la clasificación no se está realizando correctamente.

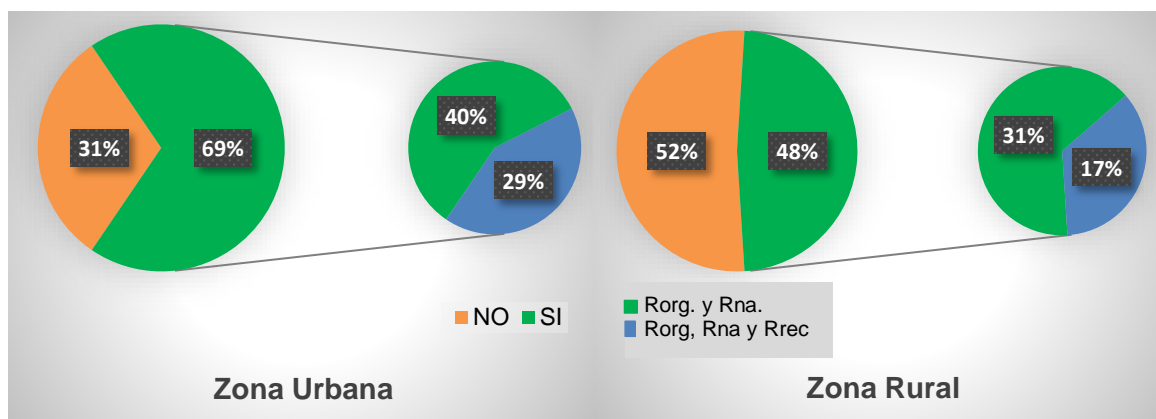


Figura 28. Separación de residuos en domicilios

Elaborado por: Fuertes (2020)

Entre las razones para que las personas no separen los residuos se tiene que, en la zona urbana un 41% desconoce de este tema, el 35% es por el tiempo que requiere, 8% porque consideran una tarea trabajosa y un 18% por otras razones. En el sector rural por su parte, existe un 75% de personas que no lo realizan por el tiempo que requiere, lo que se atribuye al estilo de vida de esta zona, donde varias familias laboran desde muy temprano en actividades que requieren un mayor esfuerzo, ocupando gran tiempo y energía en su día. El 17% mencionó que desconoce del tema y 8% por otros motivos, como se indica en la figura 29. Entre las razones que mencionaron las personas para no separar sus residuos fueron: falta mayor gestión del GAD-M, más difusión de campañas de separación y entrega de contenedores diferenciados.

Si se compara los resultados obtenidos con los datos a nivel nacional, en donde un 35% de los hogares en la zona urbana señala que la principal razón para no separar los residuos es la falta de contenedores específicos, mientras que el 20% señala

que no le interesa; y en los hogares rurales, 31% no separa por falta de contenedores y 27.55% por desconocimiento del tema (IRR, 2015). Se observa que, en el cantón Huaca si bien hace falta contenedores específicos en ciertos sectores esta no es una razón principal, pero el desconocimiento del tema en la zona urbana y el tiempo que requiere en el sector rural por las actividades propias de la zona como se explicó anteriormente, son razones que influyen en la no clasificación de residuos.

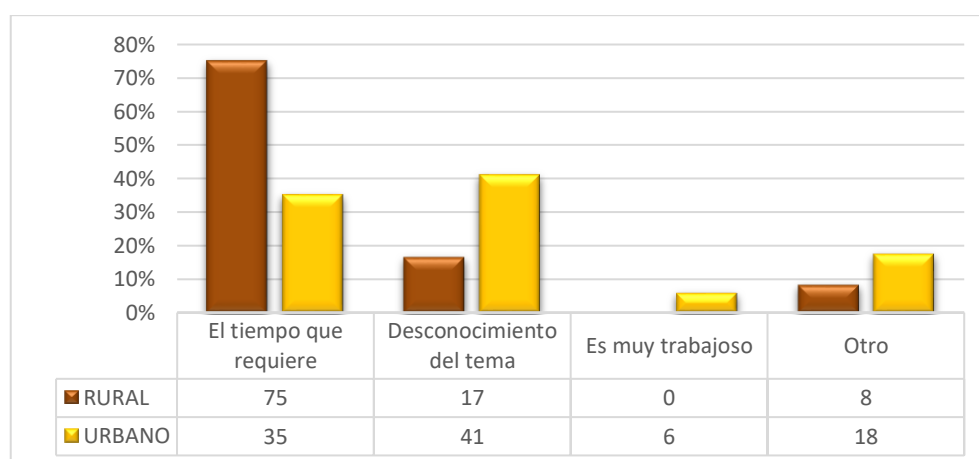


Figura 29. Razones para no separar los residuos en domicilios
Elaborado por: Fuertes (2020)

La ciudadanía almacena sus residuos en 2 a 3 recipientes de diferente tipo y material como plástico, cartón, fundas plásticas y costales. En el sector urbano se utilizan recipientes de plástico principalmente con un 61%, mientras que, en la zona rural se usan recipientes plásticos y sacos de yute o polipropileno con 40% cada uno, en este sector el recipiente utilizado varía de acuerdo con la disponibilidad del usuario. Debido a las actividades agrícolas es habitual el uso de costales de polipropileno y/o yute en el cantón, principalmente en la zona rural. Los demás recipientes son utilizados en menor porcentaje como se muestra en la figura 30.

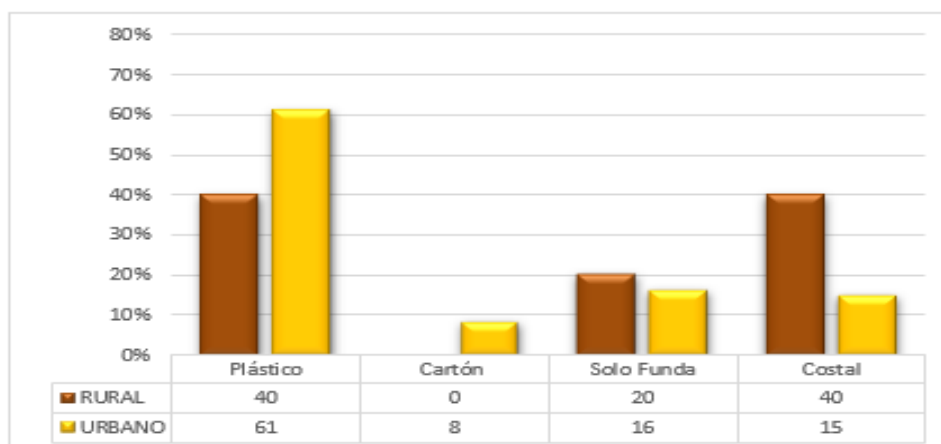


Figura 30. Tipos de recipientes para almacenar los residuos
Elaborado por: Fuertes (2020)

En la figura 31, se observa que un alto porcentaje 84% de las personas encuestadas estarían dispuestas a colaborar al manejo de los residuos participando en un programa de separación en la fuente. Entre las razones que se mencionaron se tiene: “cuidado de nuestro hogar, participación y aprendizaje en el manejo de los residuos, disminución de la contaminación y porque es benéfico para el planeta”. Por el contrario, las personas que no están dispuestas a colaborar mencionan que les resulta difícil y laborioso. Considerando la aceptación de la ciudadanía, es importante capacitar en la zona urbana donde se tiene mayor acogida la separación en la fuente y existe un desconocimiento del tema como se observó en la figura 29.

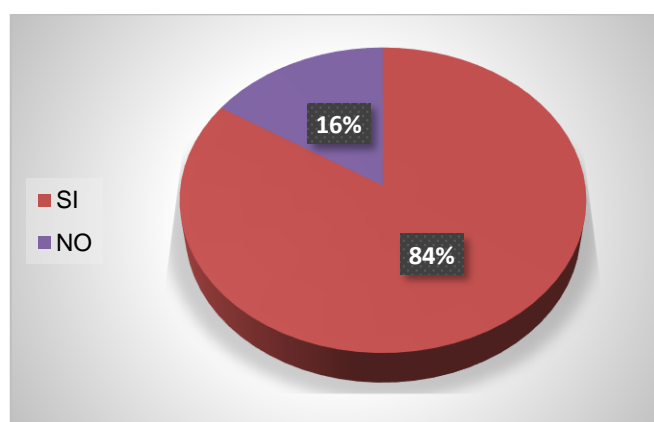


Figura 31. Participación en programa de separación en la fuente
Elaborado por: Fuertes (2020)

En las preguntas respecto a la recolección, se obtuvo que toda la población encuestada recibe este servicio. Sin embargo, la frecuencia varía según el sector, en la zona urbana un 69% entrega sus residuos tres veces a la semana, el 17% dos veces a la semana y una vez a la semana el 14%, como se observa en la figura 32. Mientras que, en la zona rural considerando que existe un solo vehículo de recolección, cantidad de residuos generada, mal estado de los caminos y dificultad en el acceso, la frecuencia en barrios más alejados se ha limitado a una sola vez por semana por lo que la población dispone únicamente de este día para entregar sus residuos. En el Anexo 9 se detalla la ruta de recolección de los residuos.

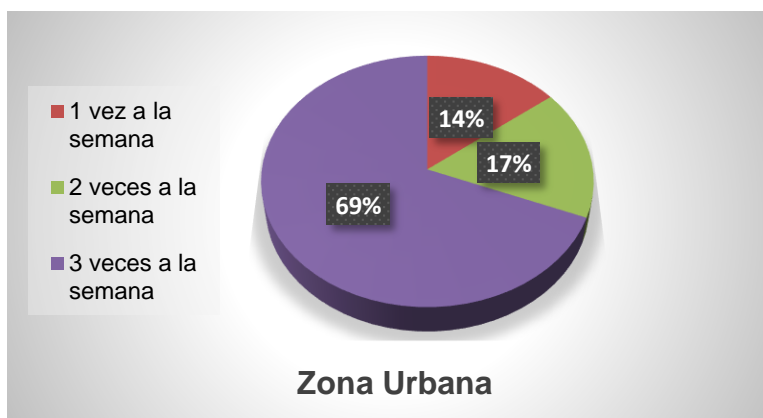


Figura 32. Frecuencia de entrega al recolector
Elaborado por: Fuertes (2020)

En la figura 33, se muestran los resultados con respecto al servicio de recolección actual. En la zona urbana las personas encuestadas calificaron el servicio como bueno con un 68% y 30% regular. Mientras que, en el sector rural el 52% considera bueno y un 48% dice que es regular, lo que indica que se requiere mejorar el servicio de recolección en el cantón. Entre las sugerencias y observaciones que la población mencionó se tiene:

- No dejar desperdicios en las calles.
- Mejorar EPP de trabajadores.
- Debe existir un horario más fijo y debe ser respetado.
- Recolección de todos los residuos y no dejar fundas en las esquinas.
- Mayor cuidado con los recipientes, no dejar botando lejos ni tampoco llevarse los costales.

- Al momento de la recolección, disminuir la velocidad y esperar a la gente.
- El sonido de la sirena debe ser más alto porque ciertas viviendas no escuchan.
- En la zona rural se necesita otro día de recolección.
- Falta pasar el tractor por algunos sectores y se debería reciclar.

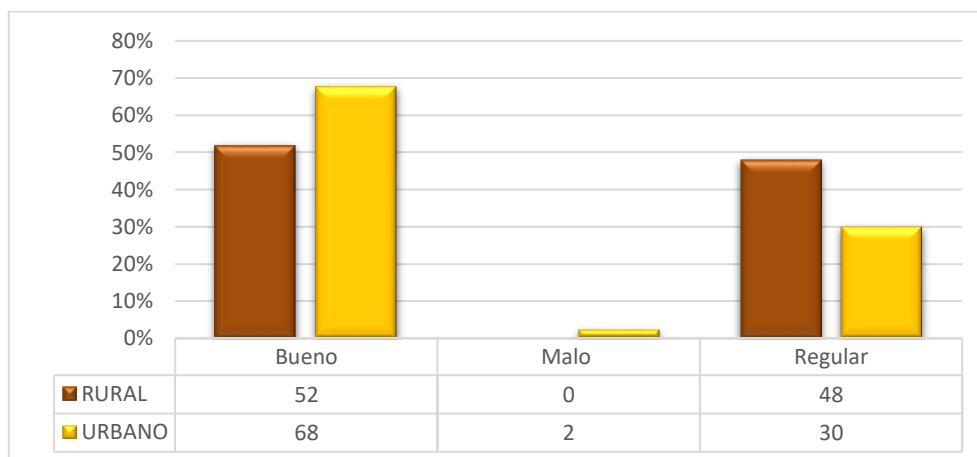


Figura 33. Servicio de recolección actual

Elaborado por: Fuertes (2020)

En la figura 34 se puede observar que el 81% de los encuestados considera que no existen basurales cerca de sus hogares o en el sector y un 19% dice que sí existen. Los lugares donde se encuentran acumulados los residuos son en terrenos baldíos y sitios como: esquinas, calles y callejones, dando una mala imagen urbana y que además pueden generar problemas sanitarios.

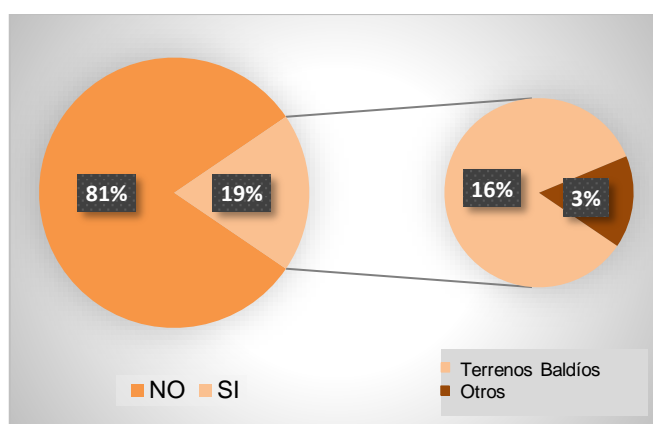


Figura 34. Existencia de basurales en el cantón

Elaborado por: Fuertes (2020)

Las personas encuestadas coinciden que el mal manejo de residuos puede provocar enfermedades y afectar al ambiente. Además, el 50% de los encuestados desconocen donde se depositan los residuos que generan, mientras que, la otra mitad sabe que el lugar de disposición final de los desechos es en la ciudad de Tulcán, como se muestra en la figura 35. Esto indica que es importante, socializar a la población sobre este tema para que se concienticen sobre la generación de residuos y comprendan lo que implica un relleno sanitario.

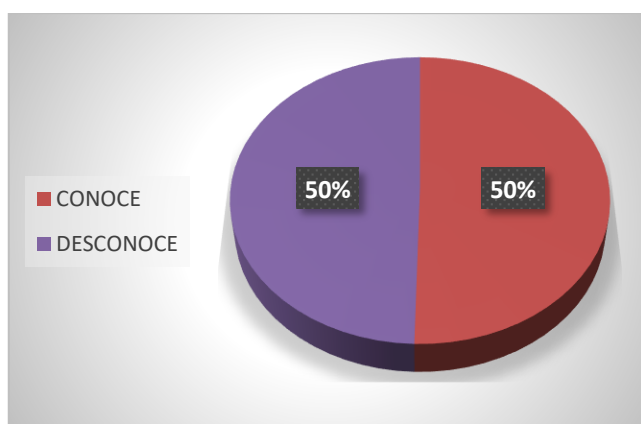


Figura 35. Conocimiento del lugar de disposición final
Elaborado por: Fuertes (2020)

Como se puede observar en la figura 36, la mayoría de la población encuestada con un 67% no sabe cuánto paga por el servicio de recolección de residuos mensualmente. Del bajo porcentaje que conoce el valor, consideran que la tarifa es adecuada y razonable con un 76% en el sector urbano. Por el contrario, en la zona rural existe desconformidad con la tarifa, las personas consideran que se debe reajustar en base al servicio con un 50% y que es excesiva con un 33%, como se observa en la figura 37. Debido al alto porcentaje de desconocimiento del pago por este servicio, es importante socializar con la ciudadanía sobre el valor de esta tarifa para que, conozcan que el manejo de residuos implica varias actividades que requieren de recursos económicos y que al igual que otros servicios básicos se necesita de un cobro para poder gestionar de manera eficiente los residuos.

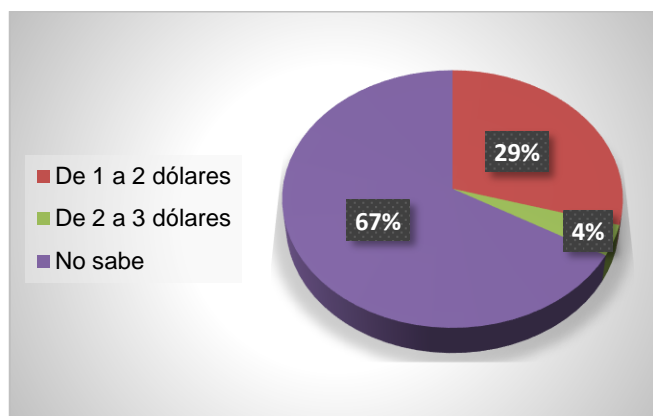


Figura 36. Tarifa de recolección
Elaborado por: Fuertes (2020)

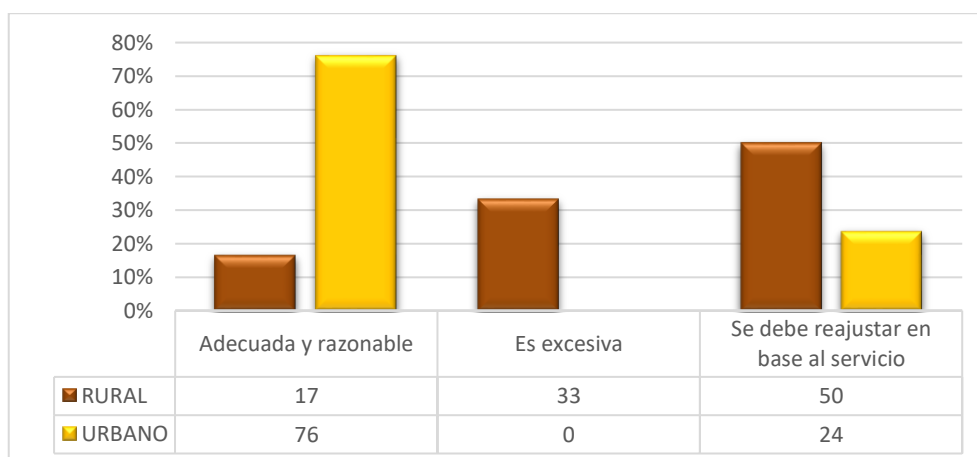


Figura 37. Consideraciones de la tarifa de recolección
Elaborado por: Fuertes (2020)

Si el GAD-M realiza un reajuste a la tarifa de recolección debe considerar que, la gente no estaría dispuesta a pagar más de \$2 por el servicio, con 62% y 52% en el sector urbano y rural, respectivamente. Sin embargo, un 16% para la zona urbana y 35% para la zona rural, no sabe cuál podría ser el valor ya que dependería de las mejoras al servicio, como se observa en la figura 38. Por lo tanto, el municipio debe establecer valores que oscilen de 1 a 2 dólares o brindar un mejor servicio que justifique el incremento de la tarifa, caso contrario se generaría un conflicto social.

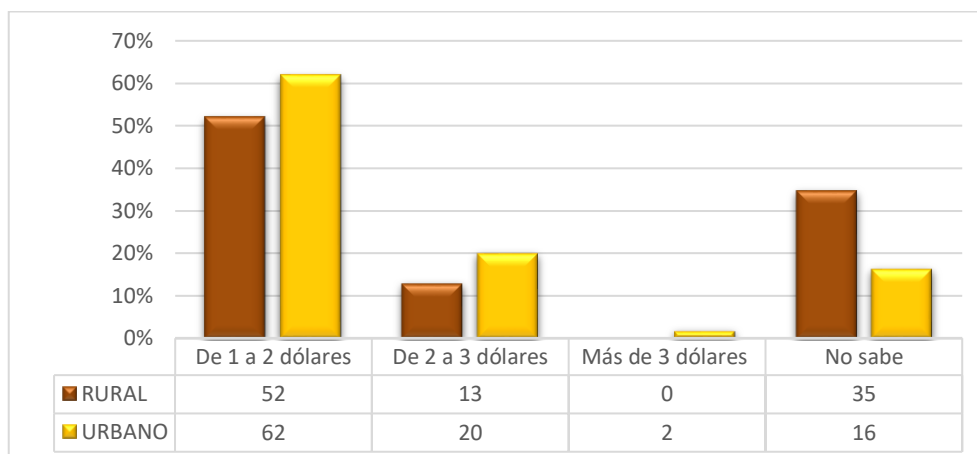


Figura 38. Tarifa máxima por el manejo de residuos
Elaborado por: Fuertes (2020)

b) Sector comercial

En el sector comercial un 58% de los encuestados no separa sus residuos y un 42% sí lo realiza, como se observa en la figura 39. Los comercios separan en reciclaje, principalmente el cartón, con un 25%.

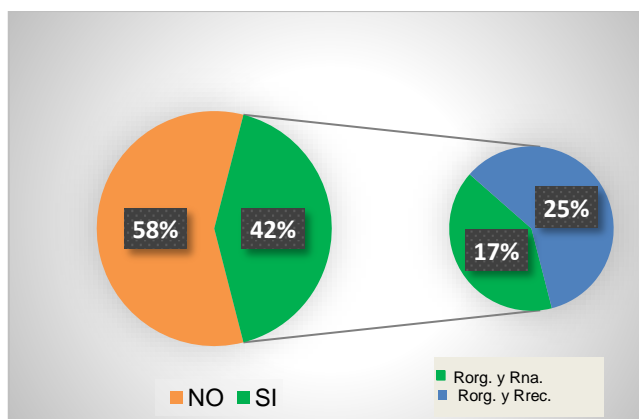


Figura 39. Separación de residuos en comercios
Elaborado por: Fuertes (2020)

Entre las razones por las que no se separa los residuos corresponde a 71% por el tiempo que requiere y 29% porque les resulta muy trabajoso, como se indica en la figura 40. Es evidente que, existe un desinterés y falta de colaboración para la correcta clasificación de los residuos, esto puede deberse a la falta de información de la importancia y beneficios que tiene la separación en la fuente, así como la falta de incentivos para motivar a este sector en la clasificación correcta de los residuos.

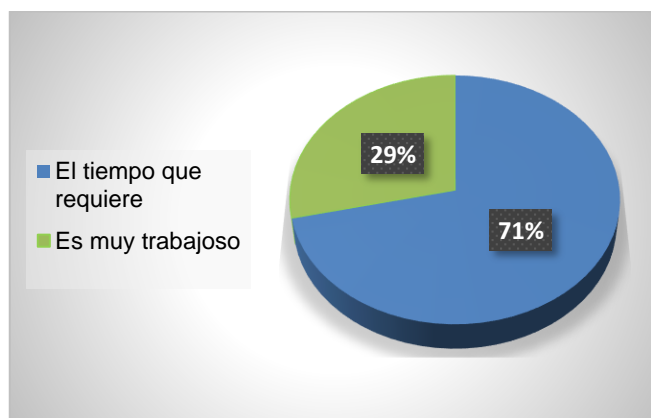


Figura 40. Razones para no separar los residuos en comercios
Elaborado por: Fuertes (2020)

Las encuestas realizadas a los locales comerciales evidenciaron que, existe un desconocimiento sobre el valor que pagan por el servicio de recolección ya que el 84% no sabe su valor. Del bajo porcentaje de personas que conocen cuánto pagan por el servicio, un 50% consideran que el valor es adecuado y razonable y la otra mitad piensa que se debe reajustar en base al servicio, véase figura 41. Conjuntamente, con el sector domiciliario, es importante socializar sobre la tarifa de recolección para que la ciudadanía conozca sobre el porqué del valor de su pago y cómo esto ayuda al GAD-M en la gestión de los residuos.

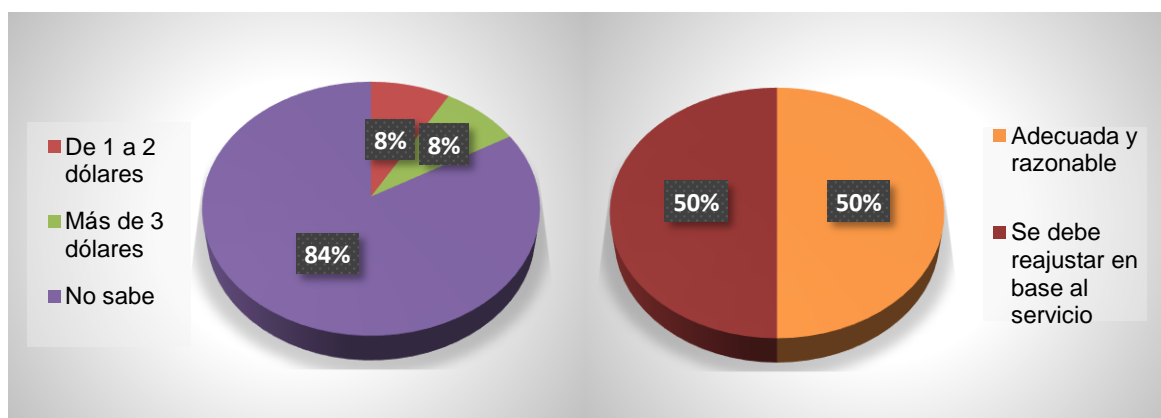


Figura 41. Tarifa de recolección en comercios
Elaborado por: Fuertes (2020)

Al igual que en el sector domiciliario el valor máximo que estarían dispuestos a pagar al mes por el servicio es entre 1 a 2 dólares con un 34%, un 25% puede acceder a un valor de 2 a 3 dólares, un 8% más de 3, y considerando las mejoras que se

hagan en el servicio un 33% de los comercios no saben el valor, como se observa en la figura 42.

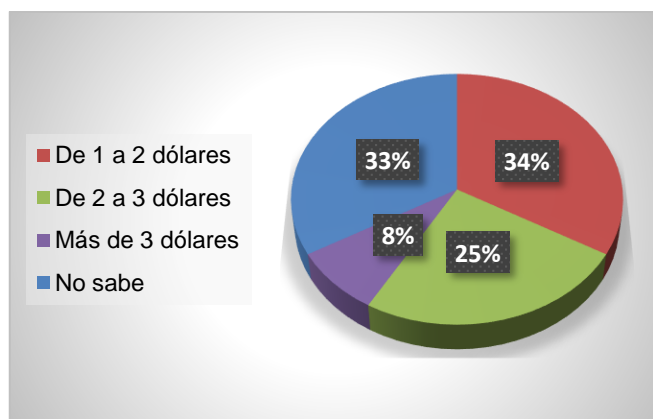


Figura 42. Tarifa máxima en comercios
Elaborado por: Fuertes (2020)

c) Mercado

De las encuestas realizadas en el mercado se tuvo que el 50% de los vendedores sí separan los residuos. De este porcentaje el 39% separa en orgánicos y no aprovechables y el 11% incluyen el reciclaje, principalmente el cartón, como se muestra en la figura 43.

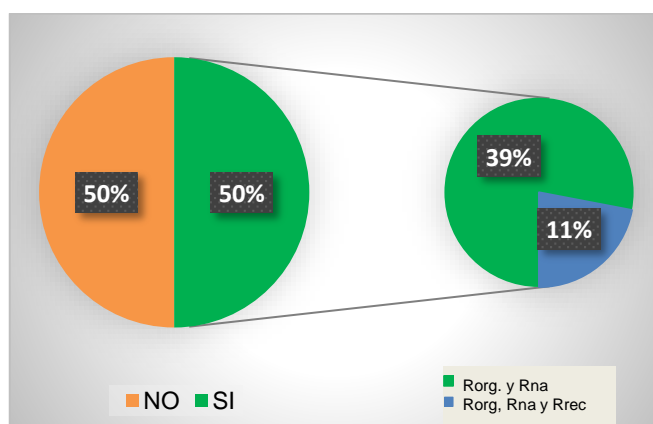


Figura 43. Separación de residuos en mercado
Elaborado por: Fuertes (2020)

En la figura 44 se observa que el 45% de los comerciantes no separan sus residuos por el tiempo que requiere, seguido con un 22% por el desconocimiento del tema, 11% porque es muy trabajoso y 22% por otras razones como: falta de gestión del

municipio y contenedores adecuados para su respectiva separación. A pesar de que, un alto porcentaje muestra desinterés por separar los residuos, en este sector, sí se puede capacitar sobre la importancia de la separación, aprovechamiento de los residuos orgánicos y sus beneficios, además con la dotación de contenedores diferenciados se puede mejorar en un 44% la separación en la fuente.

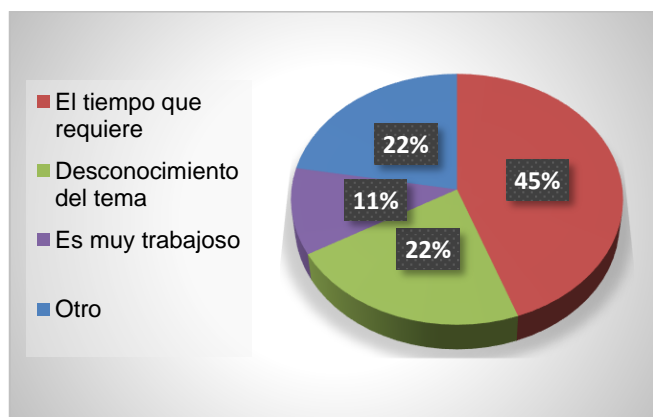


Figura 44. Razones para no separar los residuos en mercado
Elaborado por: Fuertes (2020)

Todos los encuestados afirman que el mayor problema con respecto al manejo de los residuos en el mercado corresponde al almacenamiento temporal. Entre las opiniones y observaciones que mencionaron fueron:

- Generación de olores y moscas causando malestar.
- El espacio es muy estrecho.
- Los residuos se encuentran en el piso en día de feria.
- Personas externas vienen a botar residuos en los tachos.
- Se recomienda trasladar a otro lugar o realizar limpieza con mayor frecuencia.
- La inadecuada separación por falta de capacitaciones y recipientes específicos.

d) Unidades educativas

Las encuestas en las unidades educativas fueron clave para entender la situación en esta fuente generadora. Con respecto a la separación, tres unidades no clasifican sus residuos (Huaca, Mariana de Jesús, Mariscal Sucre) que corresponde

a un 60% y dos lo intentan (Manuel María Velasco y 10 de Agosto) con 40%, como se observa en la figura 45. La separación se hace en residuos orgánicos, reciclables y no aprovechables con 20% y en no aprovechables y reciclaje con el mismo porcentaje.

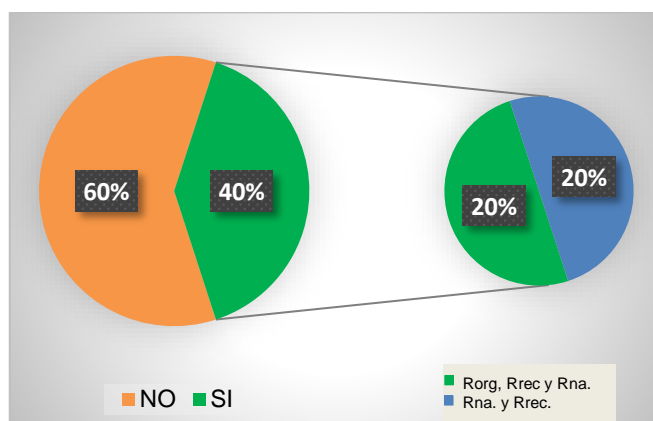


Figura 45. Separación de residuos en unidades educativas
Elaborado por: Fuertes (2020)

En las unidades que no existe separación la razón principal es por desconocimiento del tema (67%) y por el tiempo que requiere (33%), véase figura 46. Lo que hace necesario dirigir campañas de separación en la fuente e impartir más información sobre este tipo de temas en estos establecimientos.



Figura 46. Razones para no separar los residuos en unidades educativas
Elaborado por: Fuertes (2020)

De las cinco unidades, cuatro mencionaron que presentan problemas en el almacenamiento temporal de sus residuos, es decir el 80%, como se expresa en la

figura 47. Entre los problemas que se mencionó se tiene: en la Unidad Mariscal Sucre expresaron que el número de recipientes no es suficiente para los residuos generados y que es común la presencia de perros que escarban en los desechos, en las Unidades 10 de Agosto y Huaca existe generación de olores y en la Unidad Manuel María Velasco existe presencia de ratas con linderos de casas vecinas.

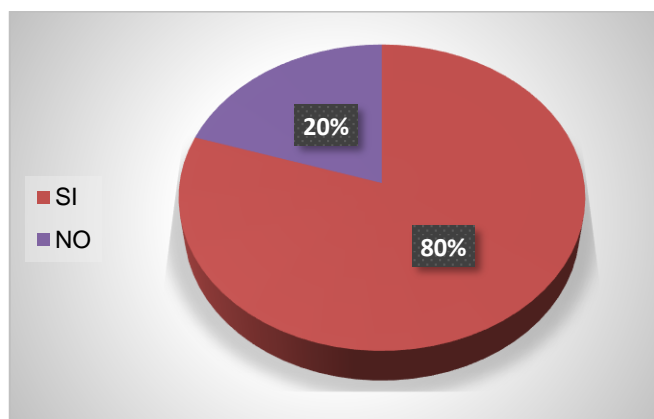


Figura 47. Problemas en almacenamiento temporal
Elaborado por: Fuertes (2020)

Como se observa en la figura 48, un 60% de las unidades educativas ha recibido capacitación sobre el manejo de residuos, las charlas fueron dirigidas por el GAD-M, el GAD Provincial, ONG y Subcentro de Salud. La capacitación que impartió el GAD provincial fue sobre el manejo de material orgánico. Por su parte, las unidades Huaca y Mariana de Jesús que no han recibido la charla consideran que requieren de esta capacitación porque es importante aprender a separar correctamente los residuos, conocer sobre el reciclaje y sus beneficios.

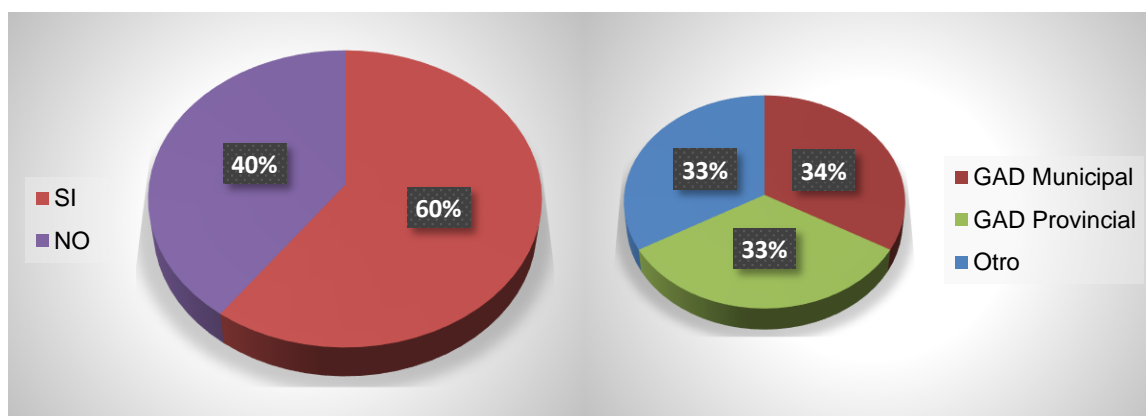


Figura 48. Capacitación de manejo de residuos en unidades educativas
Elaborado por: Fuertes (2020)

Las Unidades Educativas Manuel María Velasco, Mariana de Jesús y 10 de Agosto han realizado alguna actividad para mejorar el manejo de los residuos. Entre los temas que se han tratado son reutilización, reciclaje y huertos escolares.

Entre las observaciones que se obtuvieron en las encuestas sobre los problemas que existen en las unidades educativas, se mencionó: “desinterés de autoridades y estudiantes, falta de recipientes y concientización en temas como reutilización y reciclaje de algunos residuos, por ejemplo, el papel. Educación y cultura ambiental para que los estudiantes depositen los residuos en su lugar y no en el piso”.

Considerando los resultados de las encuestas y observaciones por parte de los rectores de las unidades educativas es importante colaborar en el manejo de los residuos para evitar los problemas de olores, vectores, residuos esparcidos que se están ocasionando en el almacenamiento temporal de las unidades. Se debe impartir capacitaciones sobre el tema de residuos, principalmente de separación en la fuente, reducción, reutilización y reciclaje. Además, temas de cultura para que los estudiantes no arrojen los desechos en pasillos ni espacios verdes. La colaboración y compromiso de las autoridades de las unidades educativas es fundamental para el desarrollo de actividades en mejora del ambiente.

e) Subcentros de Salud

Los subcentros de salud tienen un manejo diferenciado, según lo establecido en el “Acuerdo Ministerial 5186”, “Acuerdo Ministerial 323” y “Manual de Gestión Interna de los Residuos y Desechos Generados en los Establecimientos de Salud”. La clasificación que se realiza es en: comunes, infecciosos y cortopunzantes con un 33% cada alternativa, como se observa en la figura 49.

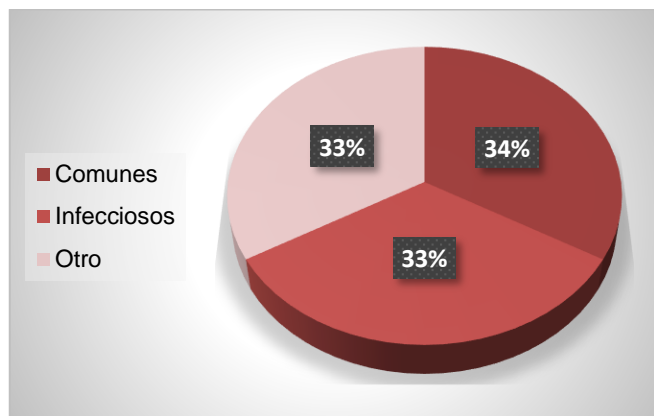


Figura 49. Separación de residuos en subcentros de salud
Elaborado por: Fuertes (2020)

Los residuos son almacenados en recipientes y fundas de plástico diferenciados, en cada consultorio y tienen un recipiente de mayor capacidad como almacenamiento temporal, el cual no ha causado ningún problema en los subcentros de salud, según las encuestas realizadas. Con las visitas y encuestas realizadas, se evidenció que los subcentros, si bien tienen diferenciados los contenedores en comunes, reciclables y orgánicos, no se realiza ningún tipo de aprovechamiento, se mezcla y se entrega al camión recolector.

4.3.3.2. Encuestas del manejo de residuos orgánicos y reciclables

A continuación, se presentan los resultados de manera general a las preguntas con respecto a la separación y manejo de residuos orgánicos y reciclables en el cantón, los resultados por fuente generadora se presentan en el Anexo 10. Es importante tener una visión sobre la percepción de la población sobre estos residuos puesto que son susceptibles de aprovechamiento.

En las encuestas realizadas se obtuvo que el tipo de residuo que más se genera en el cantón es lo orgánico con un 70%, no aprovechable con 16%, plástico 8% y 3% para cartón y Tetrapak, como se indica en la figura 50.

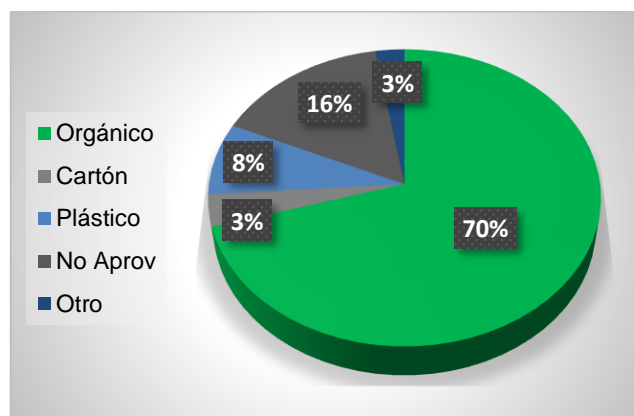


Figura 50. Tipos de residuos que más se generan
Elaborado por: Fuertes (2020)

Al preguntar a la población sobre el compost o abono orgánico, se obtuvo que un 83% ha escuchado o sabe lo que es este material y un 73% mencionó que le puede ser útil, como se muestra en la figura 51. El abono orgánico puede ser usado en plantas, sembríos, terrenos, y en las unidades educativas es de utilidad en el proyecto de huertos escolares que están realizando.

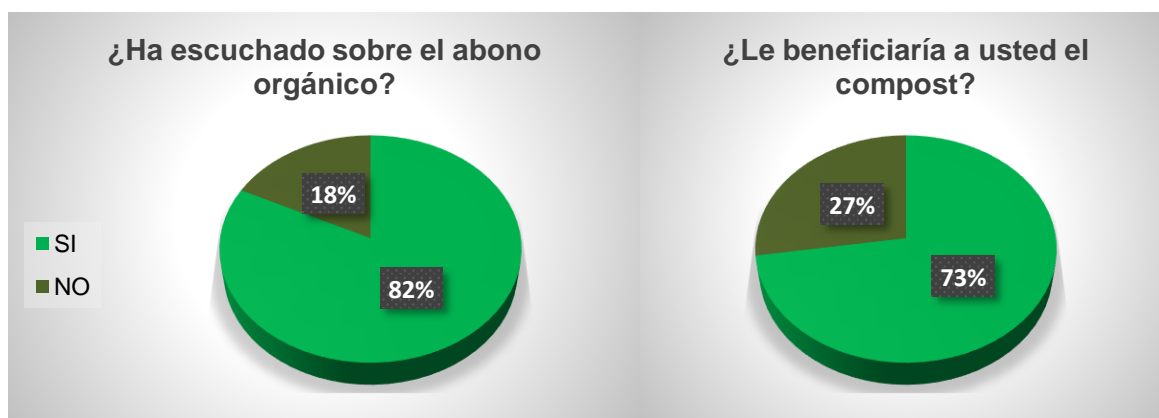


Figura 51. Conocimiento del abono orgánico en la población
Elaborado por: Fuertes (2020)

La figura 52 referente al manejo de residuos orgánicos muestra que, en el sector rural existe un mejor manejo que en la zona urbana. Un 52% de los hogares en la parte rural realiza abono debido a los sembríos que tienen y al espacio en sus casas. Sin embargo, las personas que elaboran compost supieron expresar que se realiza sin ninguna técnica o cuidado. En los dos sectores urbano y rural alrededor

del 50% de las personas usan los residuos orgánicos como alimento para animales como: cerdos, cuyes, vacas. Los porcentajes de personas que no realizan ninguna de estas prácticas, corresponde a un 30% para el sector rural y 45% en la zona urbana. El uso de residuos orgánicos para alimentación de animales es una práctica que se ha realizado hace algunos años, por lo tanto, es importante seguir capacitando y educando a las personas para que sigan practicando este hábito y además puedan invitar a más viviendas, logrando así reducir los residuos orgánicos.

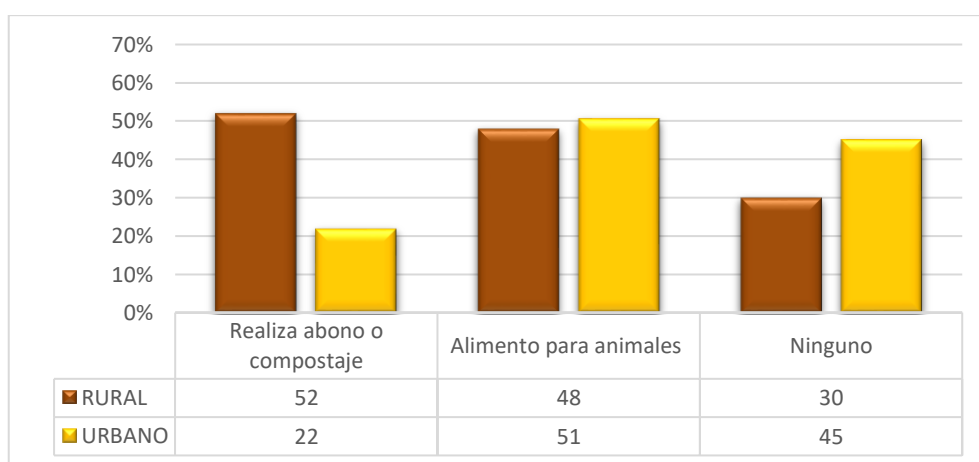


Figura 52. Manejo de residuos orgánicos
Elaborado por: Fuertes (2020)

En la figura 53 se presenta que, a nivel del cantón un 42% no separa sus residuos, mientras que un 58% sí lo realiza en 35% orgánico y no aprovechable, y únicamente el 23% incluye el reciclaje.

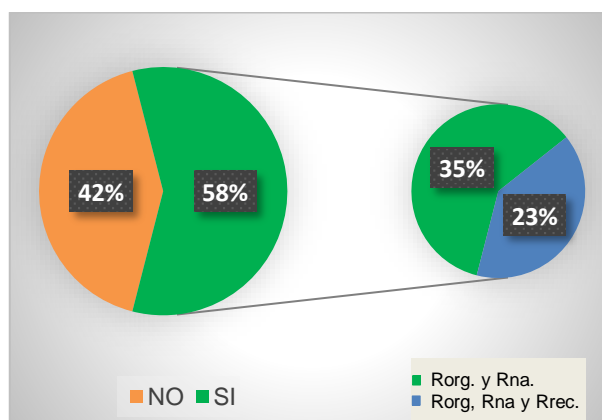


Figura 53. Separación de residuos en el cantón Huaca
Elaborado por: Fuertes (2020)

En la figura 54 se muestra que, el 69% de las personas acumulan los residuos en sus domicilios con la finalidad de vender o regalar a personas externas; 16% quema los residuos y un 15% separa en sus hogares, pero al no contar con recicladores o centros de acopio, los residuos terminan mezclándose en la recolección. Esta información, junto con el dato de la figura 53 (23%), resulta que, únicamente el valor de $23\% \times 69\% = 16\%$ de los residuos fueron clasificados y entregados de manera correcta, 4% fueron quemados y 3% terminaron mezclándose, evidenciando un bajo porcentaje de recuperación de residuos reciclables en el cantón.

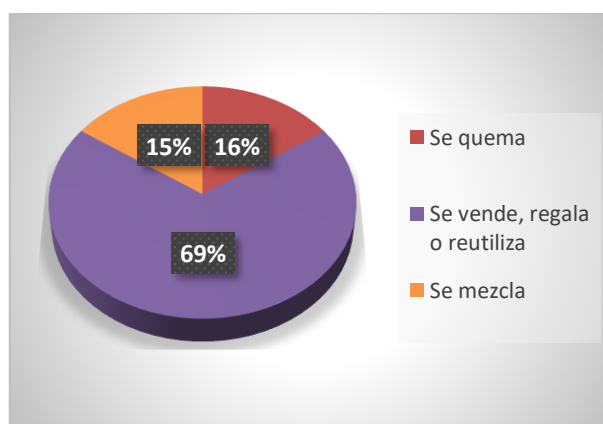


Figura 54. Observaciones del material reciclable
Elaborado por: Fuertes (2020)

Entre los materiales que se separan se tiene, para la zona urbana botellas plástico PET, cartón, papel, latas y Tetrapak, los porcentajes se observan en la figura 55; para la zona rural, el único material que se separa es el PET.

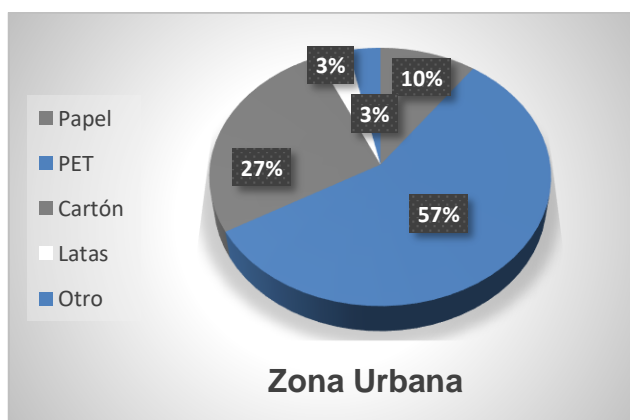


Figura 55. Recuperación de materiales reciclables
Elaborado por: Fuertes (2020)

Con respecto a preguntas sobre el reciclaje, la mayoría de la población encuestada mencionó que sí ha escuchado algo sobre este tema con un 74%. Existe interés por parte la población por aprender más a profundidad sobre el reciclaje con un 88%, como se observa en la figura 56. Los ciudadanos tienen interés por conocer los materiales que se pueden reciclar, quieren educarse en temas de reutilización y aprender más para separar correctamente los residuos y tener un mejor manejo.

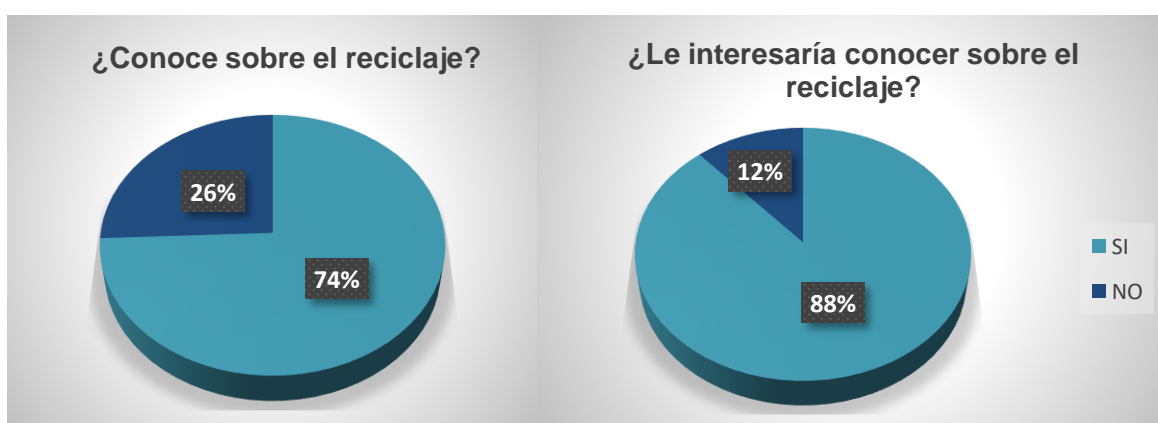


Figura 56. Conocimiento de reciclaje en la población
Elaborado por: Fuertes (2020)

4.4. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA CARACTERIZACIÓN DE RSU

4.4.1. CANTIDAD DE RSU RECOLECTADOS DURANTE EL MUESTREO

4.4.1.1. Cantidad de RSU recolectados en domicilios

La información detallada de los resultados de la cantidad de residuos de cada tipo, orgánico, reciclable y no aprovechable para las diferentes fuentes de generación muestreadas se encuentra en el Anexo 11. Con base en estos datos se reporta en la tabla 32 un resumen de la cantidad total de residuos recolectados por una semana en el sector domiciliar urbano.

La generación de residuos como se puede observar varía dependiendo del número de habitantes de la vivienda, el menor valor es de 0.205 kg y el máximo 7.185 kg. La cantidad por día se ve reducida en fines de semana, debido a que algunas

personas aprovechan estos días para salir a almorzar fuera de casa o visitar cantones aledaños.

Tabla 32

Cantidad de RSU recolectados durante una semana en domicilios sector urbano

Código de vivienda	Nro. hab.	Peso (kg)						
		Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
HUN-01	3	1.280	1.741	2.555	1.515	1.315	2.030	2.590
HUN-02	5	1.755	2.005	2.540	2.049	2.755	2.870	2.140
HUN-03	5	1.940	2.205	3.740	2.930	0.975	2.730	2.120
HUN-04	4	1.770	1.117	0.935	2.220	1.385	1.215	1.055
HUN-05	8	3.590	3.908	3.600	2.735	2.225	2.900	2.935
HUN-06	4	2.056	2.720	3.430	1.615	1.570	3.605	3.065
HUN-07	4	4.575	2.485	1.550	2.935	1.320	0.990	4.991
HUN-08	4	1.711	1.170	2.095	1.390	1.555	0.850	2.120
HUN-09	5	1.160	2.779	2.485	1.490	2.400	1.190	1.117
HUN-10	6	1.100	2.050	2.075	1.895	1.560	2.020	2.525
HUN-12	3	1.337	1.645	1.580	0.800	1.215	0.925	1.591
HUN-13	4	3.595	2.260	1.415	2.845	3.575	3.115	1.700
HUN-15	4	2.675	2.335	2.310	0.640	1.715	1.375	1.148
HUN-16	5	2.775	1.885	1.190	2.930	2.279	2.430	2.120
HUN-17	3	3.337	3.785	0.632	1.385	0.645	2.425	1.291
HUN-20	4	4.518	1.740	0.920	2.705	1.195	0.495	1.405
HUN-21	6	2.392	3.480	3.004	1.890	1.860	3.225	2.905
HUN-22	4	5.545	3.365	2.300	0.730	1.380	1.500	1.850
HUN-23	4	0.915	2.192	1.885	2.297	1.891	1.380	1.530
HUC-24	4	1.698	2.400	1.785	1.720	1.705	1.690	1.505
HUC-25	4	1.570	1.726	2.138	1.505	1.800	2.600	2.483
HUC-26	6	7.185	2.710	1.875	3.500	2.540	1.915	2.315
HUC-27	6	2.641	3.500	3.395	4.545	7.010	1.990	0.825
HUC-28	3	2.517	2.105	1.645	2.092	1.975	1.607	1.750
HUC-29	4	2.395	1.515	1.743	3.120	2.015	0.635	2.010
HUC-30	4	3.250	2.311	2.315	3.155	1.995	1.375	2.090
HUC-31	5	1.750	2.480	2.150	1.215	1.465	2.405	1.515
HUC-32	5	1.215	0.675	1.280	2.800	2.960	1.655	0.890
HUS-33	3	1.637	1.630	1.545	0.315	0.845	0.205	1.415
HUS-34	5	2.220	2.719	1.090	1.335	2.535	2.205	2.405
HUS-36	3	2.135	2.210	0.265	0.835	0.527	1.414	0.385
HUS-37	8	3.365	2.086	5.826	3.265	5.200	1.450	1.315
HUS-38	7	2.041	2.955	1.535	2.810	1.826	0.950	2.375
HUP-39	5	2.478	3.825	3.670	3.680	3.970	3.755	1.665
HUP-40	4	2.910	1.691	3.240	1.155	1.640	1.710	3.235

Tabla 32 Continuación

Código de vivienda	Nro. hab.	Peso (kg)						
		Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
HUP-42	4	2.450	1.159	0.990	5.090	3.540	1.533	0.930
HUP-43	1	1.258	0.785	0.285	0.530	0.565	0.685	0.556
HUP-44	4	2.715	1.483	1.435	1.905	1.689	1.885	0.875
HUP-45	5	1.680	0.625	0.850	2.697	2.430	2.325	0.609
HUP-46	5	2.125	1.630	1.210	1.041	0.705	2.885	0.905
MU-47	4	1.730	0.910	1.960	2.570	1.083	1.570	1.655
MU-48	3	1.649	1.715	1.410	1.535	0.895	0.766	1.258
MU-49	3	1.530	1.000	0.850	2.210	1.263	0.630	0.520
MU-50	6	1.045	2.240	4.600	1.735	1.475	1.545	1.910
MU-52	5	1.170	1.745	1.195	2.041	2.395	0.800	1.590
MU-55	8	2.875	5.090	3.644	5.825	6.950	3.725	1.790
MU-57	5	1.905	3.930	1.150	2.327	1.863	2.541	1.705
TOTAL	214	111.165	103.717	95.317	103.549	97.676	85.721	82.679

TOTAL DE RESIDUOS= 679.824

Elaborado por: Fuertes (2020)

Para la zona rural del cantón, la información de la cantidad de residuos recolectados se observa en la tabla 33, los valores van desde 0.105 kg el valor mínimo a 4.325 kg. El domingo tiene la menor cantidad de residuos debido a que las personas de los poblados aprovechan este día para salir a la zona urbe del cantón.

Tabla 33*Cantidad de RSU recolectados durante una semana en domicilios sector rural*

Código de vivienda	Nro. hab.	Peso (kg)						
		Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
HRS-02	1	0.492	1.060	1.095	0.290	0.375	0.245	0.640
HRS-03	5	2.747	3.810	2.145	3.300	1.564	1.845	1.110
HRS-04	4	0.460	1.790	1.525	0.856	1.825	0.890	0.585
HRS-05	4	4.345	2.145	1.963	0.430	3.220	1.515	2.183
HRC-06	1	0.240	0.845	0.570	1.040	0.445	0.905	0.595
HRC-07	3	2.385	3.122	3.020	1.207	1.650	1.300	1.317
HRC-09	3	2.195	1.215	1.282	1.000	1.050	0.955	1.041
HRC-11	4	0.905	2.065	0.980	1.095	1.305	1.180	0.690
HRGN-13	7	1.888	3.010	3.359	1.680	2.230	1.915	2.100
HRGN-14	6	4.100	1.975	3.000	1.255	1.480	1.045	0.960
HRGN-15	4	2.260	3.455	2.935	2.000	2.115	2.420	2.270
HRGN-16	5	1.382	2.225	1.155	1.071	1.562	1.710	1.405

Tabla 33 Continuación

Código de vivienda	Nro. hab.	Peso (kg)						
		Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
HRGN-17	6	3.505	3.173	3.335	2.072	4.025	4.320	2.695
HRGS-18	4	1.308	1.978	1.444	0.976	0.810	1.642	1.239
HRGS-19	4	1.390	1.407	1.844	0.540	1.663	0.920	0.515
HRGS-20	3	1.060	1.810	1.790	1.540	2.625	1.585	1.790
HRGS-21	2	0.531	0.865	1.302	1.240	0.995	0.844	1.000
MR-23	6	2.332	4.105	2.938	2.905	3.080	0.105	1.160
TOTAL	72	32.525	40.055	35.682	24.497	32.019	25.341	23.295
TOTAL DE RESIDUOS = 214.414								

Elaborado por: Fuertes (2020)

4.4.1.2. Cantidad de RSU recolectados en comercios

En la zona comercial, los valores varían dependiendo de la actividad que se realice, como se detalla en la tabla 34. Los restaurantes presentan el mayor peso generado debido a los residuos orgánicos, se registró también un elevado peso en la carnicería muestreada con gran cantidad de restos de carne no apta para la venta, mientras que, el valor más bajo corresponde a la cabina telefónica.

Tabla 34*Cantidad de RSU recolectados durante una semana en comercios*

Código comercio	Tipo de comercio	Peso (kg)						
		Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
C-01	Bazar	0.535	1.045	0.425	0.325	1.490	0.912	0.600
C-02	Carnicería	1.680	3.315	0.640	4.855	4.040	2.950	8.035
C-03		2.500	3.897	1.392	2.023	0.430	0.730	0.490
C-04	Tiendas de víveres	1.006	1.095	1.120	0.905	1.841	0.805	0.575
C-05		1.170	1.415	0.900	1.375	1.080	0.930	0.980
C-06		0.400	0.845	0.895	1.290	0.340	0.400	0.160
C-07	Panadería	1.345	1.045	0.557	0.305	1.250	0.745	0.690
C-08	Lácteos	1.065	1.505	1.075	0.435	1.230	1.285	1.730
C-09	Restaurantes	4.740	6.310	5.045	5.865	4.160	6.835	13.060
C-10		4.940	6.980	5.855	4.620	4.040	4.230	7.664
C-11	Licorería	1.695	2.285	1.650	0.980	1.825	0.755	0.435
C-12	Cabina Telefónica	0.330	0.570	0.550	1.170	0.565	0.225	0.920
TOTAL		21.406	30.307	20.104	24.148	22.291	20.802	35.339
TOTAL DE RESIDUOS = 174.397								

Elaborado por: Fuertes (2020)

4.4.1.3. Cantidad de RSU recolectados en mercado

La tabla 35 reporta la cantidad de residuos recolectados en el mercado municipal, como se observa, de lunes a sábado el número de vendedores varía de tres a cuatro, el domingo día de feria existe gran cantidad de vendedores y compradores, siendo el día de mayor generación de residuos.

Tabla 35

Cantidad de RSU recolectados durante una semana en mercado

MERCADO							
# Puesto	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
1	2.480	18.815	6.600	18.350	2.650	11.775	23.145
2	4.525	10.095	3.345	7.815	8.010	14.505	18.800
3	15.450	7.530		5.180	3.880	5.295	15.050
4	5.490				2.480	6.730	13.880
5							12.300
6							4.625
7							13.390
8							10.050
9							9.375
10							5.230
11							7.480
12							28.160
13							8.650
14							8.600
15							8.005
16							1.700
17							2.550
18							7.975
19							5.265
20							4.795
21							5.800
22							5.227
23							6.150
24							6.300
TOTAL	27.945	36.440	9.945	31.345	17.020	38.305	232.502
TOTAL =393.502							

Elaborado por: Fuertes (2020)

4.4.1.4. Cantidad de RSU recolectados en unidades educativas y subcentros de salud

La cantidad de residuos recolectados en la Unidad Educativa Huaca en la zona urbana es mayor a la Unidad Mariscal Sucre en el sector rural, debido a la cantidad de estudiantes del muestreo, los valores se detallan en la tabla 36.

Tabla 36

Cantidad de RSU recolectados durante cinco días en unidades educativas sectores urbano y rural

UNIDADES EDUCATIVAS		
Peso (kg)		
Zona	Urbana	Rural
Día 1	12.915	2.630
Día 2	15.570	1.260
Día 3	16.420	1.924
Día 4	13.386	3.175
Día 5	17.950	3.975
TOTAL	76.241	12.964
TOTAL DE RESIDUOS = 89.205		

Elaborado por: Fuertes (2020)

En la tabla 37, se observa que la cantidad de residuos en subcentros de salud es mayor en el sector urbano que en el rural, por el personal y población servida.

Tabla 37

Cantidad de RSU recolectados durante una semana en subcentros de salud sectores urbano y rural

SUBCENTROS DE SALUD		
Peso (kg)		
Zona	Urbana	Rural
Día 1	1.988	1.152
Día 2	2.155	1.390
Día 3	1.560	1.710
Día 4	1.945	0.650
Día 5	1.365	0.880
Día 6	1.490	
Día 7	1.920	
TOTAL	12.423	5.782
TOTAL DE RESIDUOS = 18.205		

Elaborado por: Fuertes (2020)

4.4.1.5. Cantidad de RSU recolectados de barrido

Los datos de las tres muestras recolectadas en un día de barrido se presentan en la tabla 38. El peso corresponde al recogido en una distancia de 300 metros.

Tabla 38

Cantidad de RSU recolectados de tres muestras de barrido

BARRIDO			
Metros (m)	Peso (kg)		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
300	1.118	1.153	0.900
TOTAL	3.171		

Elaborado por: Fuertes (2020)

4.4.2. GENERACIÓN TOTAL DIARIA DE RSU DE DIFERENTES FUENTES GENERADORAS

En la tabla 39 se detalla la cantidad diaria de RSU muestreados, que se obtuvo de la división de la cantidad de residuos recolectados para los días de muestreo, en las fuentes de generación: comercial, mercado, unidad educativa y subcentro de salud.

Tabla 39

Cantidad diaria de RSU muestreados en fuentes específicas

Tipo de generador	Cantidad de RSU recolectados en semana de muestreo (kg)	Días de muestreo (día)	Cantidad diaria de RSU muestreados (kg/día)
Comercial	174.40	7	24.91
Mercado	393.50	7	56.21
Unidad educativa	12.96	5	2.59
	76.24	5	15.25
Subcentro de salud	5.78	5	1.16
	12.42	7	1.77
TOTAL	675.30		101.90

Elaborado por: Fuertes (2020)

En la tabla 40 se muestran los resultados de la cantidad diaria de RSU por tipo de generador. Para el sector comercial se aplicó la ecuación 3.5, en unidades educativas se utilizó la ecuación 3.8. Para mercado y subcentros se mantuvo el

valor obtenido en la tabla 39, puesto que el número de generadores muestreados es uno.

Tabla 40

Cantidad diaria de RSU según fuentes específicas muestreadas

Tipo de generador	Cantidad diaria de RSU muestreados (kg/día)		Número de generadores muestreados	Cantidad diaria de RSU por generador
Comercial	24.91		12 comercios	2.08 (kg/comercios*día)
Mercado	56.21		1 mercado	56.21 (kg/mercado*día)
Unidad educativa	Urbano	15.25	605 111 estudiantes	0.03
	Rural	2.59		0.02 (kg/estudiantes*día)
Subcentro de salud	Urbano	1.77	1	1.77
	Rural	1.16	1 subcentros de salud	1.16 (kg/ssalud*día)

Elaborado por: Fuertes (2020)

Los resultados de la cantidad de RSU generados por día para cada fuente específica se presenta en la tabla 41. Se utilizaron las ecuaciones 3.6, 3.9 y 3.11 para el sector comercial, unidad educativa y subcentro, respectivamente.

Tabla 41

Cantidad diaria total de RSU en fuentes específicas

Tipo de generador	Cantidad diaria de RSU por generador	Número total de generadores	Cantidad de RSU generada por día (kg/día)
Comercial	2.08 (kg/comercios*día)	279 comercios	580.32
Mercado	56.21 (kg/mercado*día)	1 Mercado	56.21
Unidad educativa	0.03	1719	51.57
	0.02 (kg/estudiantes*día)	299 estudiantes	5.98
Subcentro de salud	1.77	1	1.77
	1.16 (kg/ssalud*día)	2 Subcentros de salud	2.32

Elaborado por: Fuertes (2020)

Los resultados al aplicar las ecuaciones 3.12 y 3.13 correspondientes a la generación de residuos de barrido se presentan en la tabla 42.

Tabla 42

Cantidad diaria total de RSU de barrido

Tipo de generador Barrido	
Cantidad de RSU recolectados en un día de muestreo (kg/día)	3.17
Número de muestras	3
Metros de Barrido (metros)	300
Cantidad diaria de RSU muestreados por metro de barrido (kg/metros*día)	0.004
Metros totales de barrido por día (metros)	5000
Cantidad de RSU generada por día (kg/día)	20.00

Elaborado por: Fuertes (2020)

Al utilizar la ecuación 3.4, se obtuvo que la cantidad de RSU generados por día de las fuentes generadoras muestreadas corresponde a 718.17 kg/día. Al comparar los datos de la tabla 43 con valores de otros estudios: comercial (348.75 kg/día), mercado (56.32 kg/día), unidades educativas (54.49 kg/día), subcentros (3.98 kg/día) y barrido (26.06 kg/día) (AsamTech, 2018; Carvajal & Romero, 2019; Jácome, 2017; Martínez, 2018); se puede observar que el valor en comercios es mayor para el cantón Huaca, mientras que, los otros valores son similares entre sí.

Tabla 43

Generación total diaria de RSU por fuente específica

Tipo de generador	Cantidad de residuos generados por día (kg/día)
Comercial	580.32
Mercado	56.21
Unidad educativa	57.55
Subcentro de salud	4.09
Barrido	20.00
TOTAL	718.17

Elaborado por: Fuertes (2020)

4.4.3. GENERACIÓN PER CÁPITA DIARIA TOTAL

4.4.3.1. Generación per cápita domiciliar

Aplicando la ecuación 3.15, se obtuvo la generación per cápita domiciliar para cada vivienda muestreada, los resultados se presentan en la tabla 44. Con estos datos se procede a realizar la respectiva validación para determinar la generación per cápita domiciliar del cantón Huaca.

Tabla 44

Generación per cápita de las viviendas muestreadas

Código	Cantidad promedio (kg/día)	Hab.	GPC _{DOM} (kg/hab*día)	Código	Cantidad promedio (kg/día)	Hab.	GPC _{DOM} (kg/hab*día)
HUN-01	1.861	3	0.620	HUP-39	3.292	5	0.658
HUN-02	2.302	5	0.460	HUP-40	2.226	4	0.556
HUN-03	2.377	5	0.475	HUP-41	1.051	4	0.263
HUN-04	1.385	4	0.346	HUP-42	2.242	4	0.560
HUN-05	3.128	8	0.391	HUP-43	0.666	1	0.666
HUN-06	2.580	4	0.645	HUP-44	1.712	4	0.428
HUN-07	2.692	4	0.673	HUP-45	1.602	5	0.320
HUN-08	1.556	4	0.389	HUP-46	1.500	5	0.300
HUN-09	1.803	5	0.361	MU-47	1.640	4	0.410
HUN-10	1.889	6	0.315	MU-48	1.318	3	0.439
HUN-12	1.299	3	0.433	MU-49	1.143	3	0.381
HUN-13	2.644	4	0.661	MU-50	2.079	6	0.346
HUN-15	1.743	4	0.436	MU-52	1.562	5	0.312
HUN-16	2.230	5	0.446	MU-55	4.271	8	0.534
HUN-17	1.929	3	0.643	MU-57	2.203	5	0.441
HUN-18	1.986	2	0.993	HRS-02	0.600	1	0.600
HUN-20	1.854	4	0.464	HRS-03	2.360	5	0.472
HUN-21	2.679	6	0.447	HRS-04	1.133	4	0.283
HUN-22	2.381	4	0.595	HRS-05	2.257	4	0.564
HUN-23	1.727	4	0.432	HRC-06	0.663	1	0.663
HUC-24	1.786	4	0.447	HRC-07	2.000	3	0.667
HUC-25	1.975	4	0.494	HRC-09	1.248	3	0.416
HUC-26	3.149	6	0.525	HRC-11	1.174	4	0.294
HUC-27	3.415	6	0.569	HRC-12	1.456	2	0.728
HUC-28	1.956	3	0.652	HRGN-13	2.312	7	0.330
HUC-29	1.919	4	0.480	HRGN-14	1.974	6	0.329
HUC-30	2.356	4	0.589	HRGN-15	2.494	4	0.623
HUC-31	1.854	5	0.371	HRGN-16	1.501	5	0.300
HUC-32	1.639	5	0.328	HRGN-17	3.304	6	0.551
HUS-33	1.085	3	0.362	HRGS-18	1.342	4	0.336

Tabla 44 Continuación

Código	Cantidad promedio (kg/día)	Hab.	GPC _{DOM} (kg/hab*día)	Código	Cantidad promedio (kg/día)	Hab.	GPC _{DOM} (kg/hab*día)
HUS-34	2.073	5	0.415	HRGS-19	1.183	4	0.296
HUS-36	1.110	3	0.370	HRGS-20	1.743	3	0.581
HUS-37	3.215	8	0.402	HRGS-21	0.968	2	0.484
HUS-38	2.070	7	0.296	MR-23	2.375	6	0.396

Elaborado por: Fuertes (2020)

4.4.3.1.1. Validación de la muestra

Los resultados de los parámetros de la distribución normal calculados con los datos de generación per cápita obtenidos en campo se presentan en la tabla 45.

Tabla 45*Parámetros de la distribución normal*

PARÁMETROS	Promedio (μ)	0.471
	Número de muestras	68
	Varianza	0.019
	Desviación estándar (σ)	0.138
	σ 1,5	0.207
	Rechazo cola inferior desde:	0.264
	Rechazo cola superior desde:	0.678

Elaborado por: Fuertes (2020)

Los valores de generación per cápita se ordenaron de manera ascendente y las muestras sospechosas de 0.263, 0.728, 0.993 kg/hab*día se eliminaron. Dejando un total de 65 muestras. Los resultados se muestran en la tabla 46.

Tabla 46*Eliminación de muestras sospechosas*

Código	GPC _{DOM}	Código	GPC _{DOM}	Código	GPC _{DOM}
HUP-41	0.263	MR-23	0.396	HRGN-17	0.551
HRS-04	0.283	HUS-37	0.402	HUP-40	0.556
HRC-11	0.294	MU-47	0.410	HUP-42	0.560
HRGS-19	0.296	HUS-34	0.415	HRS-05	0.564
HUS-38	0.296	HRC-09	0.416	HUC-27	0.569
HUP-46	0.300	HUP-44	0.428	HRGS-20	0.581
HRGN-16	0.300	HUN-23	0.432	HUC-30	0.589

Tabla 46 Continuación

Código	GPC _{DOM}	Código	GPC _{DOM}	Código	GPC _{DOM}
MU-52	0.312	HUN-12	0.433	HUN-22	0.595
HUN-10	0.315	HUN-15	0.436	HRS-02	0.600
HUP-45	0.320	MU-48	0.439	HUN-01	0.620
HUC-32	0.328	MU-57	0.441	HRGN-15	0.623
HRGN-14	0.329	HUN-16	0.446	HUN-17	0.643
HRGN-13	0.330	HUC-24	0.447	HUN-06	0.645
HRGS-18	0.336	HUN-21	0.447	HUC-28	0.652
HUN-04	0.346	HUN-02	0.460	HUP-39	0.658
MU-50	0.346	HUN-20	0.464	HUN-13	0.661
HUN-09	0.361	HRS-03	0.472	HRC-06	0.663
HUS-33	0.362	HUN-03	0.475	HUP-43	0.666
HUS-36	0.370	HUC-29	0.480	HRC-07	0.667
HUC-31	0.371	HRGS-21	0.484	HUN-07	0.673
MU-49	0.381	HUC-25	0.494	HRC-12	0.728
HUN-08	0.389	HUC-26	0.525	HUN-18	0.993
HUN-05	0.391	MU-55	0.534		

Elaborado por: Fuertes (2020)

El resultado del tamaño real de la muestra aplicando la ecuación 3.16 y empleando la tabla de distribución t de Student, fue de 25. El valor de $t = 1.6686$ se obtuvo de la tabla t de Student con el número de la premuestra 65 y el nivel de confianza 0.95 (véase tabla 47).

Tabla 47*Tabla t de student*

n	t _{0.75}	t _{0.90}	t _{0.95}	t _{0.975}	t _{0.99}	t _{0.995}
65	0.6783	1.2947	1.6686	1.9971	2.3851	2.6536

Fuente: Aguilar (2017)

Elaborado por: Fuertes (2020)

$$n_r = \left(\frac{1.6686 * 0.120}{0.04} \right)^2$$

$$n_r = 25$$

El tamaño real de la muestra fue igual a 25, menor a la premuestra de 65, $n_r < n$. Por lo tanto, se consideró como válido el muestreo aplicado y se tomó 65 como el tamaño real, no se eliminó los elementos sobrantes ya que amplían el nivel de

confianza. Los datos estadísticos obtenidos se consideran válidos y se presentan en la tabla 48. Aprobado el muestreo se realizó el promedio de los valores de generación per cápita de las viviendas para obtener el GPC_{DOM} .

Tabla 48

Parámetros del muestreo validado

DESVIACIÓN ESTANDAR	0.120
VARIANZA	0.015
PROMEDIO (kg/hab*día)	0.463

Elaborado por: Fuertes (2020)

En la figura 57 se observa la variación de los datos de GPC validados de las viviendas muestreadas en el cantón, el valor varía de 0.283 a 0.673 kg/hab*día. En la zona urbana con un NSE C+, se puede observar valores con los picos más altos, la mayoría de los valores están sobre el GPC domiciliar promedio. A excepción del barrio Sur y la parte urbana de Mariscal debido a que presentan valores bajos que se encuentran encerrados en círculos verdes. Por su parte, la zona rural con un NSE C-, si bien, presenta los picos más bajos de generación per cápita, se evidencia una variación de valores sobre y bajo la GPC domiciliar promedio.

Los resultados de la generación per cápita a nivel domiciliar corresponden a 0.455 kg/hab*día para el sector rural y 0.466 kg/hab*día para la zona urbana, como se detalla en la tabla 49. El valor de la GPC rural es menor, por lo tanto, la tendencia de, a mayor nivel socioeconómico mayor generación de residuos y viceversa, se cumple, pero en lugares en donde los estratos o características de desarrollo son similares, su valor no difiere significativamente.

Tabla 49

Valores de generación per cápita domiciliar urbana y rural

Sector	Población (hab)	GPC_{DOM} (kg/hab*día)
Urbano	5988	0.466
Rural	2593	0.455

Elaborado por: Fuertes (2020)

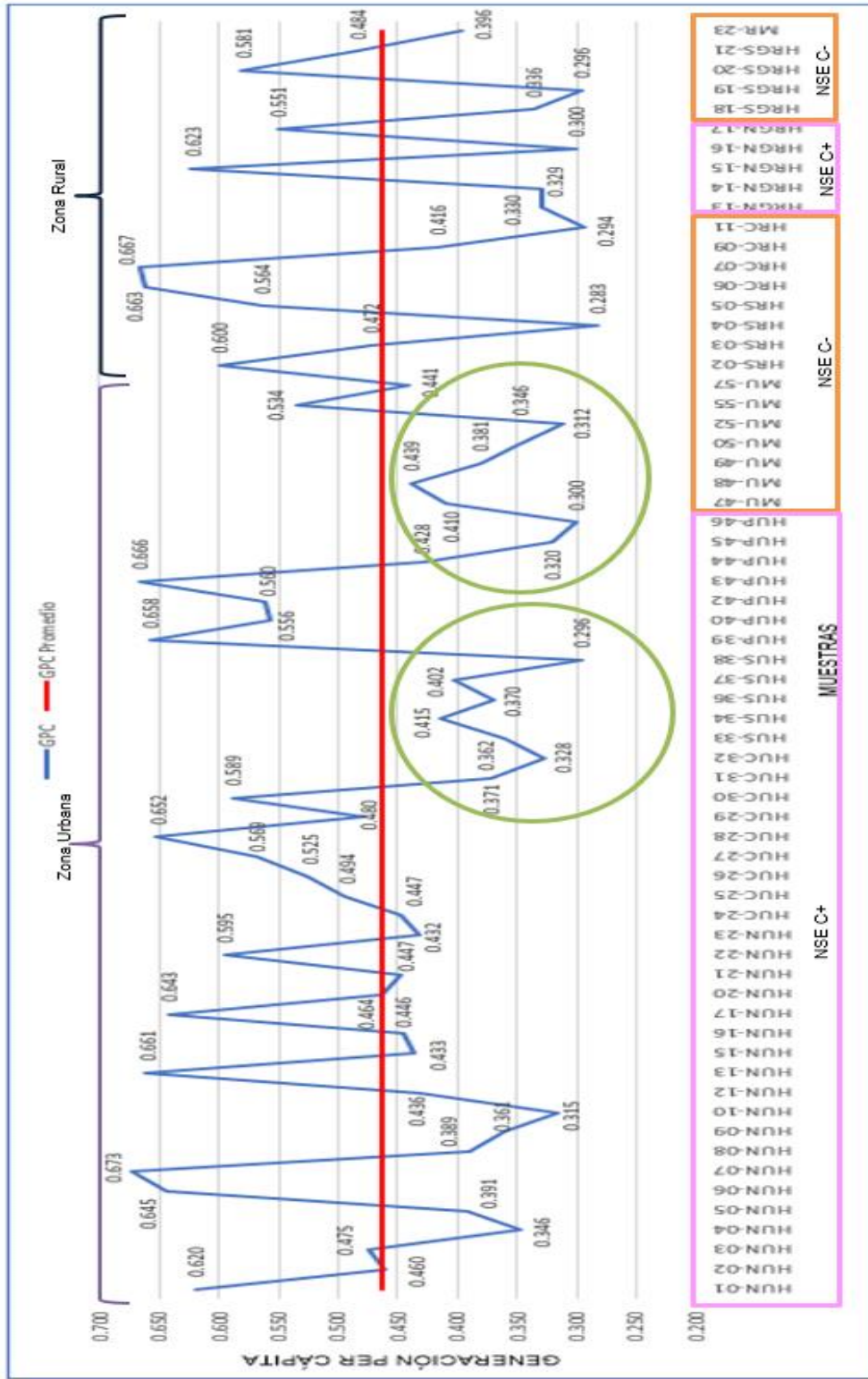


Figura 57. Valores de generación per cápita del muestreo validado
Elaborado por: Fuertes (2020)

4.4.3.2. Generación per cápita de otros generadores

Aplicando la ecuación 3.17 que es la división de la cantidad total diaria de las fuentes generadoras de la tabla 43, para la población estimada del cantón Huaca año 2020. Se obtuvo la generación per cápita de otros generadores igual a 0.084 kg/hab*día.

$$GPC_{OTROS\ GENERADORES} = \frac{718.17\ kg/día}{8581\ habitantes}$$

$$GPC_{OTROS\ GENERADORES} = 0.084 \frac{kg}{hab * día}$$

4.4.3.3. Generación per cápita total

La generación per cápita total del cantón San Pedro de Huaca concierne a la ecuación 3.14, que es la suma de la GPC_{DOM} y la $GPC_{OTROS\ GENERADORES}$. El valor obtenido de GPC_{TOTAL} corresponde a 0.547 kg/hab*día.

$$GPC_{TOTAL} = 0.463 \frac{kg}{hab * día} + 0.084 \frac{kg}{hab * día}$$

$$GPC_{TOTAL} = 0.547 \frac{kg}{hab * día}$$

En la figura 58, del informe de la Evaluación Regional del Manejo de RSU en América Latina y el Caribe 2010, el caso del cantón Huaca por su tamaño poblacional está en el rango de microciudades (<15000 hab), que tienen valores medios a nivel de la región de 0.41 kg/hab*día para los RSD y 0.54 kg/hab*día para los RSU (Tello et al., 2011). Los valores obtenidos para el cantón Huaca corresponden a 0.463 kg/hab*día para los RSD y 0.547 kg/hab*día para los RSU, determinando que se encuentran dentro de los valores establecidos en esta categoría.

PAIS	MICRO		PEQUEÑO		MEDIANO		GRANDE		MEGA		PAIS	
	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
Belice	-	-	-	-	-	-	-	-	..	..	-	-
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	..	..	0,79	1,25
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
Guyana	-	-	-	-	-	-	-	-	..	..	-	-
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: Software - Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en ALC. 2010

Micro: <15.000 habitantes; Pequeño: 15.001 - 50.000 habitantes; Mediano: 50.001 - 300.000 habitantes; Grande: 300.001 - 5.000.000 habitantes; Mega > 5.000.000 habitantes

- Información no disponible

.. Sin población de ese tamaño

RSD: Residuos sólidos domiciliarios; RSU: Residuos sólidos urbanos o municipales.

Figura 58. Resultados GPC urbana y domiciliar ALC 2010

Fuente: Tello et al. (2011)

Según Kaza et al. (2018) en ALC se tienen valores de generación per cápita de RSU entre 0.5 a 0.99 kg/hab*día y para zonas de ingresos medio-bajo el valor promedio es de 0.53 kg/hab*día. En muestreos realizado en ciudades pequeñas de América Latina se presentan rangos entre 0.2 y 0.6 kg/hab*día (Zepeda, 2010). El valor obtenido de 0.547 kg/hab*día, se ajusta a los valores típicos puesto que, el cantón de estudio presenta un nivel medio típico-bajo y es un cantón pequeño.

4.4.4. GENERACIÓN TOTAL DIARIA DE RSU

La generación total diaria de residuos en el cantón San Pedro de Huaca se calculó con la ecuación 3.18. Obteniendo un valor de 4691.17 kg diarios de residuos.

$$GTR = 0.547 \frac{kg}{hab * día} * 8581 \text{ habitantes}$$

$$GTR = 4691.17 \frac{kg}{día}$$

En la tabla 50 se observa la cantidad de residuos generados diariamente para las diferentes fuentes en estudio: domiciliar, comercial, mercado, unidad educativa, subcentros de salud y barrido. De manera global en figura 59 se observa que el 84.69% tiene como origen los residuos de domicilios, seguido de 12.37% comercial, 1.23% unidades educativas, 1.20% de la generación del mercado, barrido 0.43% y subcentros de salud 0.09%.

Tabla 50

Generación total de residuos en el cantón Huaca

Tipo de generador	Cantidad de residuos generados por día (kg/día)	%
Domiciliar	3973.00	84.69
Comercial	580.32	12.37
Mercado	56.21	1.20
Unidad educativa	57.55	1.23
Subcentro de salud	4.09	0.09
Barrido	20.00	0.43
TOTAL	4691.17	100.00

Elaborado por: Fuertes (2020)

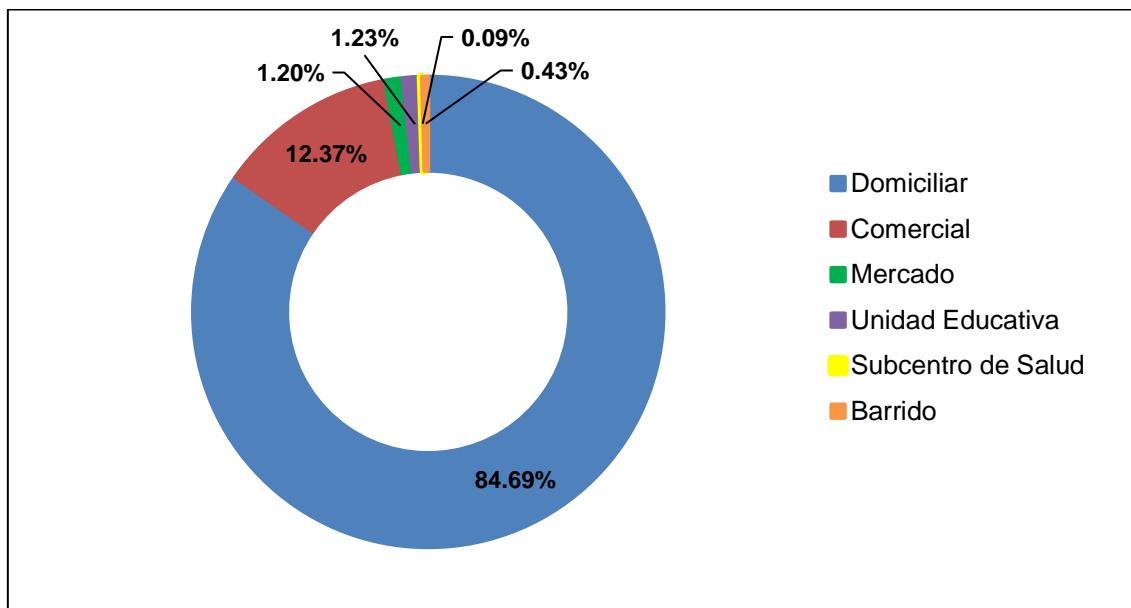


Figura 59. Porcentaje de la cantidad de residuos por fuente de generación
Elaborado por: Fuertes (2020)

La mayoría de los valores de generación de RSD calculados para los países de ALC representa entre el 60% y el 75% de los valores de RSU obtenidos (Tello et al., 2011). En el cantón Huaca oscila entre el 85% debido a que la generación tiene relación con indicadores de tamaño poblacional y desarrollo de la ciudad. La población del cantón es menor comparada a otras ciudades, el estrato económico es medio-bajo, no existen grandes centros comerciales, existe un solo mercado y el número de unidades educativas es bajo comparado con otros cantones.

4.4.4.1. Proyección poblacional y de la generación diaria de RSU

Para determinar la proyección poblacional se utilizó la ecuación 3.19 con una tasa de crecimiento poblacional igual a 1.19%. Para la proyección de la generación de los RSU se realizó en base a la GPC_{TOTAL} obtenida y se usó una tasa de crecimiento de residuos anual de 1% (Zepeda, 2010) debido a que no existen datos de generación per cápita previos. Los valores estimados se muestran en la tabla 51.

Ejemplo de cálculo para el año 2021:

$$P_F = 8581 \text{ hab} (1 + 0.0119)^1 = 8683 \text{ habitantes}$$

$$GPC_F = 0.547 \frac{\text{kg}}{\text{hab} * \text{día}} (1 + 0.01)^1 = 0.552 \frac{\text{kg}}{\text{hab} * \text{día}}$$

$$GTR_{2021} = 8683 \text{ hab} * 0.552 \frac{\text{kg}}{\text{hab} * \text{día}} = 4794.42 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Tabla 51

Proyección poblacional y de generación de RSU

PROYECCIÓN DE GENERACIÓN DE RESIDUOS EN EL CANTÓN SAN PEDRO DE HUACA			
Año	Población Huaca (hab)	Generación per cápita (kg/hab*día)	Generación diaria (kg/día)
2020	8581	0.547	4691.17
2021	8683	0.552	4794.42
2022	8786	0.558	4899.99
2023	8891	0.563	5007.88
2024	8997	0.569	5118.15
2025	9104	0.575	5230.84
2026	9212	0.580	5346.02
2027	9322	0.586	5463.74
2028	9433	0.592	5584.04
2029	9545	0.598	5707.00
2030	9658	0.604	5832.66

Elaborado por: Fuertes (2020)

4.4.5. COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

El modelo de hojas de campo utilizadas para la composición de los residuos se presenta en el Anexo 12. Los resultados de la composición de los RSU utilizando la ecuación 3.20 se presentan en la figura 60 donde se observa la composición de los residuos por cada fuente generadora, el porcentaje de residuos orgánicos es mayor en el sector domiciliar (70%) y mercado (92%); en el sector comercial se tienen un 42% debido a los residuos generados por los restaurantes de la ciudad.

El material reciclable se presenta con un 32% en comercios, 15% en domicilios, 21% en unidades educativas y 22% subcentros de salud. Los residuos no

aprovechables se encuentran en mayor cantidad en subcentros de salud con 62% y unidades educativas 60% debido al uso de desechables para comida de estudiantes (fundas, vasos, cubiertos, tarrinas); los residuos de barrido son considerados como no aprovechables.

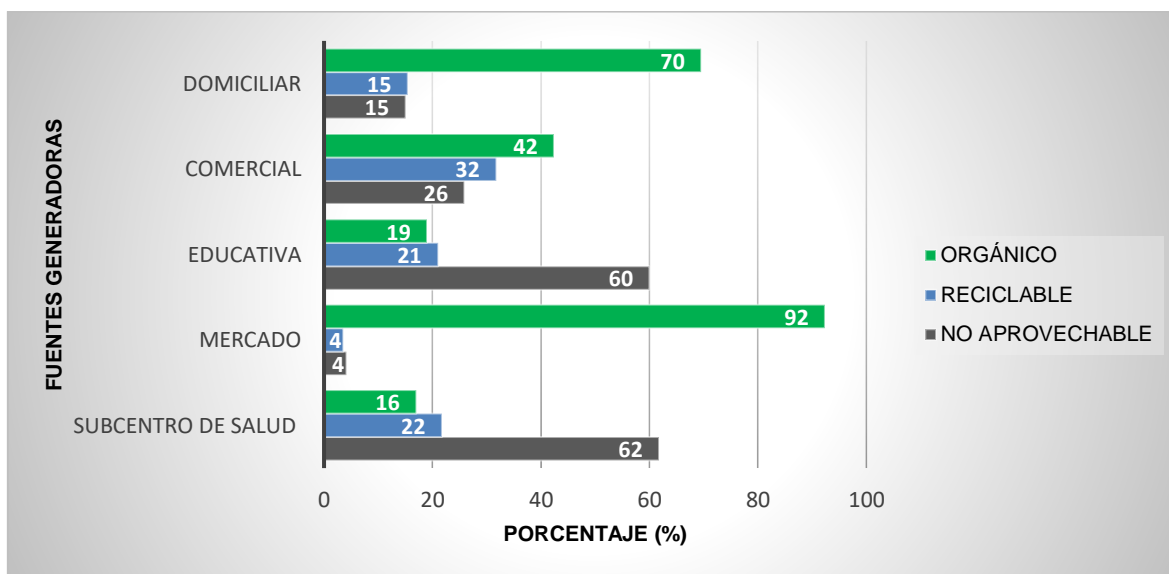


Figura 60. Composición de los RSU según fuente generadora
Elaborado por: Fuertes (2020)

En las figuras 61 y 62 se representa la composición a nivel domiciliario de los residuos para el sector urbano y rural, el material orgánico predomina en ambos sectores con 70%. Los porcentajes de residuos reciclables y desechos no aprovechables no varían significativamente entre zona urbana y rural. Comparando materiales como plástico (6.14%), vidrio (2.23%) y Tetrapak (0.53%) tienen un porcentaje mayor para el sector urbano. Mientras que, en la zona rural, el papel y cartón (6.80%) y metal (1.35%) tienen porcentajes más altos.

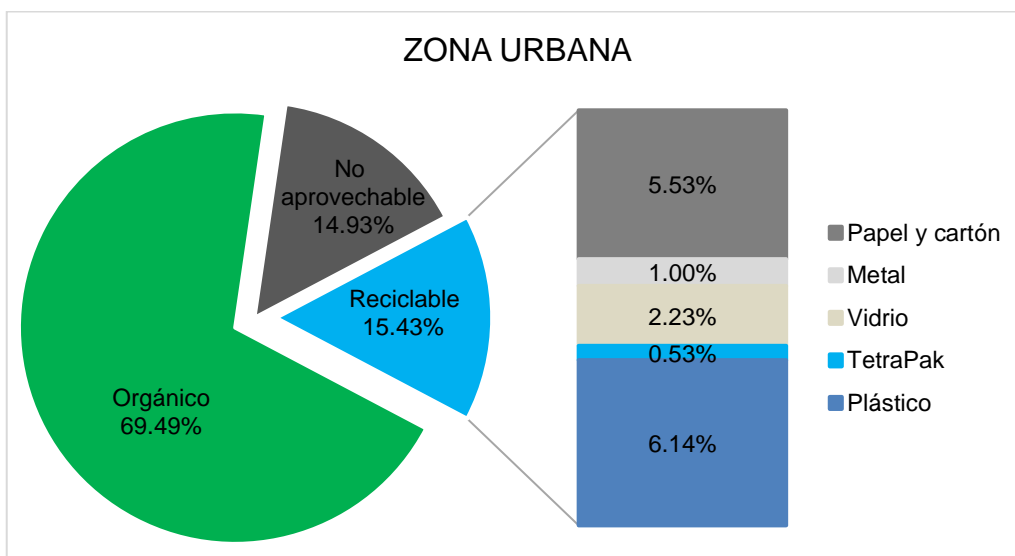


Figura 61. Composición de RSU domiciliar en la zona urbana
Elaborado por: Fuertes (2020)

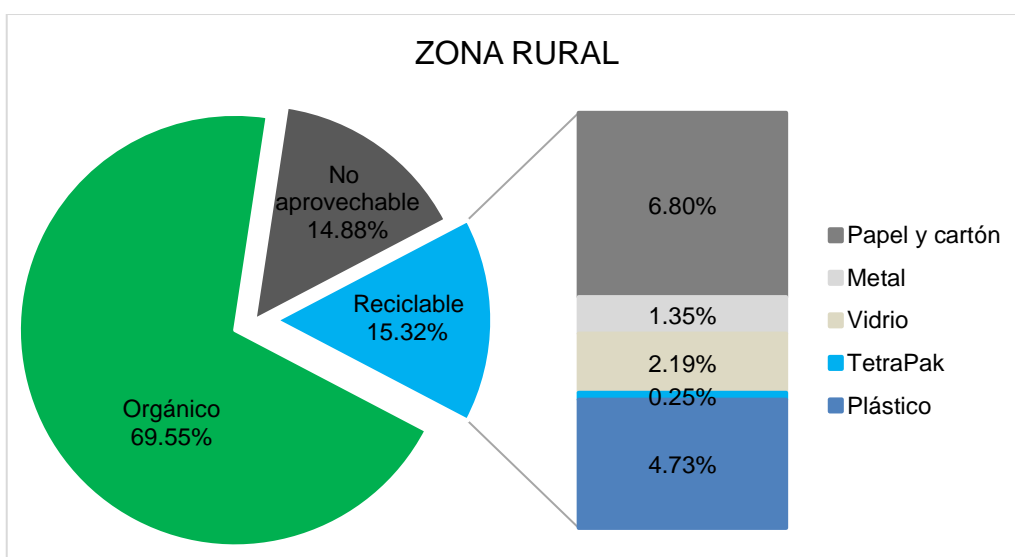


Figura 62. Composición de RSU domiciliar en la zona rural
Elaborado por: Fuertes (2020)

En la tabla 52 se reporta de manera más detallada la composición de los residuos sólidos según subproductos de la norma mexicana para cada una de las fuentes en estudio. Mientras que, la figura 63 muestra la composición total de las fuentes de generación. Los residuos orgánicos prevalecen seguido del material de rechazo, dentro del material reciclable se observa que el cartón, PET y papel están en mayor

porcentaje con 4.26%, 2.12% y 2.22%, respectivamente. Los mínimos porcentajes 0.05% corresponden a PVC, 0.04% plástico número 7, 0.02% a electrónicos y 0.01% peligrosos domiciliarios.

Tabla 52

Composición detallada según fuente generadora

COMPOSICIÓN POR FUENTE GENERADORA (%)						
SUBPRODUCTO	DOM.	COM.	EDU.	MER.	SSALUD.	BARR.
Orgánico	69.52	42.42	19.04	92.36	16.52	0.00
Papel	2.89	2.24	3.13	0.58	4.23	0.00
Cartón	2.98	14.55	2.05	2.74	9.85	0.00
Metal	1.08	0.29	0.00	0.00	0.73	0.00
Vidrio	2.21	2.59	0.00	0.00	0.94	0.00
Tetra Pack	0.46	0.44	5.93	0.01	1.46	0.00
Botellas PET	2.46	3.15	4.88	0.03	3.69	0.00
HDPE	1.46	1.54	2.59	0.00	0.00	0.00
PVC	0.05	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00
LDPE	0.92	5.69	0.55	0.14	0.83	0.00
PP	0.98	1.23	1.36	0.00	0.00	0.00
PS	0.45	0.00	1.09	0.00	0.00	0.00
Otros	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Textiles	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Residuos inertes (cerámica)	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Electrónicos	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Restos de medicinas, focos, etc.	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rechazo (papel higiénico, pañales, desechables)	13.99	25.70	59.38	4.14	61.76	100.00

Elaborado por: Fuertes (2020)

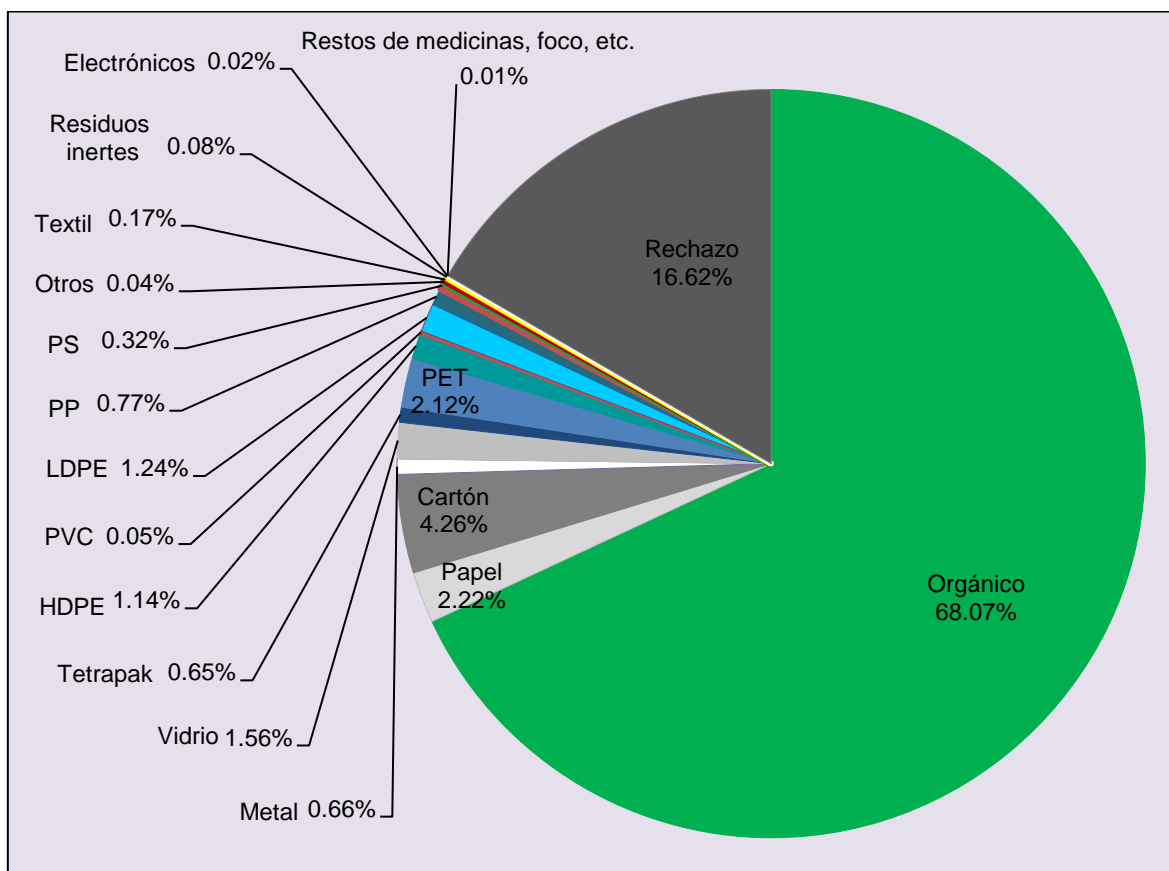


Figura 63. Composición detallada de los RSU

Elaborado por: Fuertes (2020)

Al comparar los valores de composición de residuos del cantón Huaca con respecto a datos de los cantones Tulcán y Montúfar, en la tabla 53. Se puede evidenciar que el porcentaje de material orgánico es alto para los tres cantones. Mientras que, el porcentaje del plástico varía, para Montúfar se tiene un valor de 7.93%, Tulcán con 9.70% y Huaca con el más bajo porcentaje 5.68%. La variación de material reciclable se debe a la actividad comercial que tienen los otros dos cantones con respecto al cantón de estudio. La mayor diferencia se encuentra con Tulcán que es una ciudad que ha ido creciendo y cambiando su cultura de consumo debido a la presencia de grandes centros comerciales en la ciudad fronteriza con Colombia, Ipiales. Por su parte, en Huaca, no existen centros comerciales por ello tiene menor presencia de plásticos. Sin embargo, hay que mencionar que debido a los cortos tiempos de viaje hacia cantones aledaños e incluso a la ciudad de Ipiales, las costumbres de sus habitantes pueden ir cambiando.

La variación de la composición depende de varios factores como nivel socioeconómico, cultura de consumo, hábitat geográfico de la población, época de producción de los residuos, tipo de producción agraria y motivaciones exteriores de consumo (Tafur, 2009). Por estas razones, la composición de los tres cantones Tulcán, Montúfar y Huaca son similares con variaciones en los residuos reciclables como se mencionó anteriormente. Sin embargo, si los valores de composición se comparan con un cantón como Quito que tiene características totalmente diferentes al cantón Huaca, se evidencia que la cantidad y tipo de residuos generados varían significativamente. Quito tiene un mayor porcentaje de material reciclable (24%) y menor de residuos orgánicos (57%), por el contrario, el cantón Huaca tiene una composición mayor de material orgánico (68%) y menor en residuos recuperables (15%). Esta tendencia es típica cuando se comparan ciudades de diferente nivel socioeconómico, población, actividades económicas y hábitos de consumo (Kaza et al., 2018).

Tabla 53

Comparación de los porcentajes de composición de RSU

Componentes	Cantón Tulcán	Cantón Montúfar	Cantón Huaca	Cantón Quito
Orgánico	65.4	72.78	68.07	57
Papel	4.60	2.234	2.22	5.62
Cartón	4.10	2.393	4.26	2.95
Plásticos	9.70	7.943	5.68	12.45
Metal	1.30	0.85	0.66	0.86
Textil	3.30	2.070	0.17	2.50
Vidrio	3.10	1.704	1.56	2.08

Fuente: AsamTech (2018), Castillo (2012), Martínez (2018)

Elaborado por: Fuertes (2020)

Agrupando por tipos de residuos orgánicos, reciclables, no aprovechables y residuos peligrosos y especiales domiciliarios, se obtuvo la composición de manera global para el cantón Huaca, como se observa la figura 64. Los residuos orgánicos tienen un alto porcentaje de 68.07%, por lo tanto, se debe dar mayor importancia para su aprovechamiento. El porcentaje de residuos reciclables corresponde a 14.62% y para el porcentaje de desechos no aprovechables se consideró el rechazo y los plásticos que son difíciles de reciclar (PVC, PS, otros), obteniéndose un

porcentaje 17.28%; este valor puede variar si se concientiza sobre el uso de desechables y sobre la separación adecuada para el aprovechamiento de residuos reciclables.

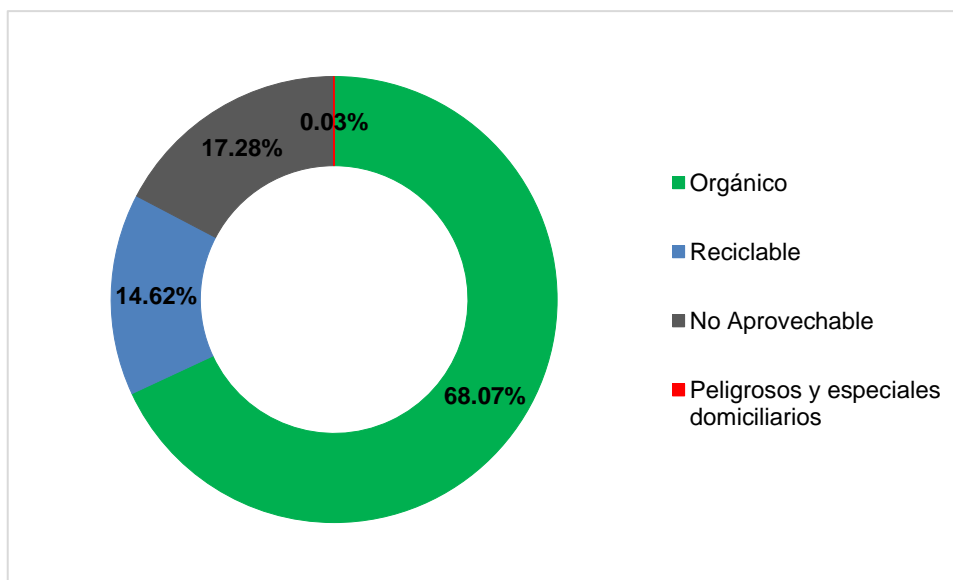


Figura 64. Composición global de los RSU en el cantón San Pedro de Huaca
Elaborado por: Fuertes (2020)

En la tabla 54 se puede observar la comparación de los valores de composición de residuos orgánicos, reciclables y no aprovechables del cantón Huaca con respecto a ciudades de ingresos económicos medio-bajo; como se puede evidenciar los valores están dentro del rango y son similares entre sí, los residuos reciclables presentan menor composición debido a la baja actividad comercial del cantón. La cantidad de residuos orgánicos es predominante en este nivel de ingresos.

Tabla 54

Comparación de composición de RSU entre ciudades de ingresos económicos medio-bajo

Tipo de residuos	COMPOSICIÓN (%)		
	ALC	Montúfar	Huaca
Orgánico	26.5 a 77.6	72.78	68.07
Reciclable	16.63 a 39.30	15.29	14.62
No aprovechables	5.5 a 22.9	11.38	17.28

Fuente: AsamTech (2018), M. del C. Hernández et al. (2016)

Elaborado por: Fuertes (2020)

4.4.5.1. Composición de residuos reciclables

En la tabla 55 se detalla la composición del material reciclable en las fuentes donde se encontró un mayor porcentaje de estos residuos: domiciliario, comercial, unidades educativas y subcentros de salud. El plástico se encuentra en mayor porcentaje para domicilios y unidades educativas, mientras que, el cartón predomina en los comercios y subcentros, debido a que se utiliza en gran cantidad para el empaque de productos que se venden en estos locales y de medicinas.

Tabla 55

Composición de residuos reciclables

COMPOSICIÓN DE RESIDUOS RECICLABLES (%)				
Material reciclable	Domiciliario	Comercial	Educativa	Subcentros de salud
Papel	18.88	7.74	14.98	19.94
Cartón	19.40	46.47	10.11	47.54
Metal	7.17	1.04	0.00	2.90
Vidrio	14.56	8.14	0.00	3.32
Tetra Pack	3.10	1.32	28.70	5.82
Plástico	36.89	35.29	46.21	20.47

Elaborado por: Fuertes (2020)

En la figura 65 se especifica el porcentaje de los diferentes tipos de plásticos y se detalla la composición del material reciclable, se observa que los plásticos (34.72%), cartón (30.88%) y papel (15.39%) son los materiales con mayor presencia en el cantón Huaca. Dentro de los plásticos, el PET tiene un mayor porcentaje (16.40%). Estos datos son importantes ya que estos residuos son los más recolectados por recicladores, debido a que representan una significativa demanda en términos productivos (IRR, 2015).

El papel tiene gran demanda desde la industria, presenta un alto precio sobre todo en papel archivo o blanco. Dentro del plástico el PET es el material con mayor demanda y mejor precio de compra debido a la aplicación del impuesto redimible y alta demanda de la industria (IRR, 2015). No obstante, este impuesto es un valor que se fija semestralmente por el servicio de rentas internas y en los últimos años

se ha venido reduciendo (AsamTech, 2018), para enero-junio 2020 la tarifa por kilogramo fue de \$ 0.30 (SRI, 2019). El vidrio, por su parte, es el residuo que menos se recicla debido al actual precio de comercialización y falta de normativa que estimule e incentive su reciclaje (IRR, 2015). Por lo tanto, es importante tener claro que el reciclaje se encuentra influenciado por la aplicación de política pública por lo que los precios son cambiantes, el reciclaje se presenta como alternativa de aprovechamiento de residuos reciclables, siempre que primero se haya sensibilizado sobre un consumo responsable a la población.

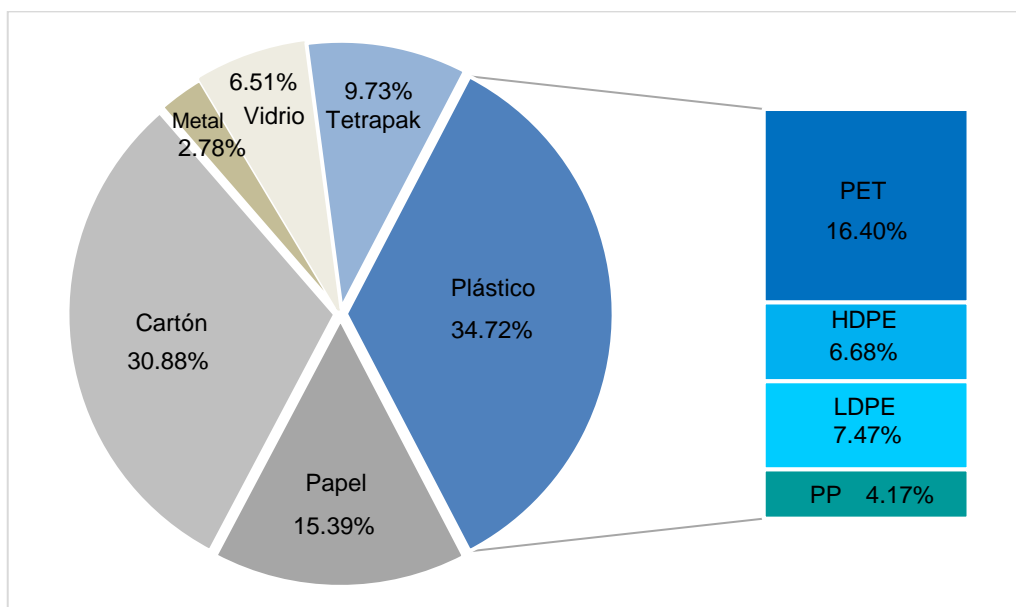


Figura 65. Composición de material reciclable
Elaborado por: Fuertes (2020)

4.4.6. DENSIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

El modelo de hojas de campo utilizadas para la densidad de los residuos se presenta en el Anexo 13 y para determinar el valor de densidad se usó la ecuación 3.21. En el sector domiciliario en la zona urbana se obtuvo un valor de 177.63 kg/m^3 , que es mayor al obtenido en la zona rural de 151.67 kg/m^3 debido a que los valores de residuos reciclables y no aprovechables son altos. Mientras que, la densidad de los residuos orgánicos es mayor para el sector rural debido a la presencia de tierra y estiércol, como se establece en la tabla 56.

Tabla 56*Densidad de los RSU domiciliar urbano y rural*

Tipo de residuos	DENSIDAD DE LOS RSD (kg/m ³)	
	Urbano	Rural
Orgánico	328.48	372.84
Reciclable	91.59	77.24
No aprovechable	68.98	64.78
TOTAL	177.63	151.67

Elaborado por: Fuertes (2020)

En la tabla 57, se detallan los valores de densidad de residuos orgánicos (297 kg/m³), reciclables (75 kg/m³) y no aprovechables (68 kg/m³). Como se puede observar, los valores varían de acuerdo con la fuente generadora, en general los residuos orgánicos prevalecen con valores altos de 52.37 kg/m³ a 350.66 kg/m³, debido a que en zonas de ingresos medio-bajo tienden a generar más este tipo de residuos, seguido del material reciclable de 17.37 kg/m³ a 84.42 kg/m³ y no aprovechables de 40.18 kg/m³ a 66.88 kg/m³.

Tabla 57*Densidad de los RSU según fuente generadora*

DENSIDAD DE LOS RSU (kg/m ³)						
Tipo de residuos	Domiciliar	Comercial	Educativa	Mercado	Subcentro	Total
Orgánico	350.66	282.21	57.73	257.45	52.37	297.00
Reciclable	84.42	64.01	57.94	17.70	17.37	75.00
No aprovechable	66.88	56.35	54.92	40.18	49.17	68.00
TOTAL	168.05	107.05	57.18	174.47	50.00	152.00

Elaborado por: Fuertes (2020)

Los residuos domésticos presentan un valor de 168.05 kg/m³ y los de mercado 174.47 kg/m³, sus valores son mayores debido a los residuos orgánicos generados por estas fuentes. Los residuos más livianos encontrados son en instituciones educativas 57.18 kg/m³ y subcentros 50.00 kg/m³ de salud, debido a que presentan residuos reciclables y desechos no aprovechables, y en reducida cantidad residuos orgánicos. Por su parte, la densidad de los residuos comerciales corresponde 107.05 kg/m³ a pesar de tener material reciclable, existen también residuos orgánicos debido principalmente a los restaurantes.

El valor de densidad obtenido para el cantón Huaca es de 152 kg/m³ este dato se encuentra dentro de los rangos de 125 a 250 kg/m³ (Barradas, 2009), 150 a 250 kg/m³ (Sáez et al., 2014) que corresponden a valores de densidad de municipios de países de América Latina. En la tabla 58 se presentan las densidades de materiales reciclables, determinando que el vidrio tiene una mayor densidad 144.51 kg/m³ y el plástico menor densidad 58 kg/m³. Al comparar con valores referenciales por otros autores, se determina que los resultados obtenidos en el estudio son similares. Los valores densidad por tipo de plástico corresponden a PET 91.87 kg/m³, HDPE 72.11 kg/m³, LDPE 21.65 kg/m³ y PP 28.74 kg/m³; y la densidad del Tetrapak es igual 87.78 kg/m³.

Tabla 58

Comparación de densidad de los RSU reciclables con otros autores

Residuos Reciclables	Densidad (kg/m ³)		
	Huaca	Tchobanoglous	Tafur
Cartón	63.56	42-80	60.00
Papel	91.79	42-131	80.00
Vidrio	144.51	160-480	260.00
Metal	60.89	60-240	80.00
Plástico	58.00	42-131	52.00

Fuente: Tafur, 2009; Tchobanoglous et al., 1994

Elaborado por: Fuertes (2020)

En la tabla 59 se entrega un resumen de los principales resultados obtenidos en las encuestas realizadas y en la tabla 60 un resumen de los valores obtenidos de la caracterización de RSU, que servirán como datos para el siguiente capítulo de alternativas de optimización.

Tabla 59
Resultados de encuestas

Resultados de las encuestas del manejo de RSU					
Porcentaje (%)					
Separación de residuos					
Generador		SI	NO	RORG y RNA	RREC
DOM	URBANA	69	31	40	29
	RURAL	48	52	31	17
	COM	42	58	17	25
	MER	50	50	39	11
	EDU	40	60	20	20
Conteo global de respuestas de todas las fuentes generadoras		58	42	35	23
Razones por las que no separan los residuos					
Generador		Desconocimiento del tema	Tiempo que requiere	Muy trabajoso	Otro
DOM	URBANA	41	35	6	18
	RURAL	17	75		8
	COM		71	29	
	MER	22	45	11	22
	EDU	67	33		
Conteo global de respuestas de todas las fuentes generadoras		27	52	8	13
Otro: Falta mayor gestión de del GAD-M, difusión de campañas de separación y entrega de contenedores diferenciados.					
Participación en programa de separación en la fuente					
Generador		SI	NO		
DOM	URBANA	85	15		
	RURAL	87	13		
	COM	75	25		
	MER	78	22		
	EDU	100			
Conteo global de respuestas de todas las fuentes generadoras		84	16		
Ha escuchado sobre el abono orgánico		Le beneficiaría el compost			
SI	82	SI	73		
NO	18	NO	27		
Manejo de residuos orgánicos					
DOM-MER		Realizo abono	Alimento para animales	Ninguno	
URBANA		22	51	45	
RURAL		52	48	30	
Conoce sobre el reciclaje		Le interesaría conocer sobre el reciclaje			
SI	74	SI	88		
NO	26	NO	12		

Elaborado por: Fuertes (2020)

Tabla 60
Resultados de caracterización RSU

Resultados de la caracterización de RSU				
Generación per cápita (kg/hab*día)				
GPC _{DOM}	Urbano	0.466	RORG	0.324
			RREC	0.072
			RNA	0.07
Rural	0.455	RORG	0.316	
		RREC	0.07	
		RNA	0.069	
GPC _{DOM}		0.463		
GPC _{OTROS GENERADORES}		0.084		
GPC _{TOTAL}	0.547	RORG	0.372	
		RREC	0.08	
		RNA	0.095	
Generación total diaria de RSU por fuente específica				
	(kg/día)	(%)		
DOM	3973	84.69		
COM	580.32	12.37		
MER	56.21	1.2		
EDU	57.55	1.23		
SSALUD	4.09	0.09		
BARR	20	0.43		
TOTAL	4691.17	100		

Composición de los RSU (%)				
RORG		68.07		
RREC		14.62		
RNA		17.28		
DOM	Urbano	RORG	69.49	
		RREC	15.43	
		RNA	14.93	
	Rural	RORG	69.55	
		RREC	15.32	
		RNA	14.88	
COM	RORG	42.42		
	RREC	31.72		
	RNA	25.87		
EDU	RORG	19.04		
	RREC	20.49		
	RNA	60.47		
MER	RORG	92.36		
	RREC	3.50		
	RNA	4.14		

Densidad de los RSU (kg/m³)					
Densidad total	152.00	RORG	297.00		
		RREC	75.00		
		RNA	68.00		
DOM	168.05	Urbano	RORG	328.48	
			RREC	91.59	
			RNA	68.98	
	Rural	RORG	372.84		
		RREC	77.24		
		RNA	64.78		
COM	107.05	RORG	282.21		
		RREC	64.01		
		RNA	56.35		
EDU	57.18	RORG	57.73		
		RREC	57.94		
		RNA	54.92		
MER	174.47	RORG	257.45		
		RREC	17.70		
		RNA	40.18		

Elaborado por: Fuertes (2020)

CAPÍTULO 5

ALTERNATIVAS DE OPTIMIZACIÓN

Las alternativas propuestas se enfocan en las tres fases de gestión de residuos analizadas.

- Separación en la fuente. - se refuerza la clasificación que ya existe en el cantón, se propone capacitación y sensibilización a la ciudadanía, un programa de reciclaje y se entrega una guía de residuos reciclables como herramienta para mejorar la separación de este material.
- Tratamiento de residuos orgánicos. - se propone un programa de compostaje que abarca varias fases: recolección, operación y utilización del compost.
- Disposición final. - se presentan los costos que involucra la disposición final en los rellenos de Tulcán y Montúfar, además, como aporte se entrega información base de un relleno manual que se ajusta a los datos de generación obtenidos en el estudio.

5.1. ALTERNATIVA DE MEJORA A LA SEPARACIÓN EN LA FUENTE

La separación en la fuente es clave para optimizar el manejo de los RSU y facilitar un tratamiento efectivo a los residuos reciclables y orgánicos, entre más cerca al origen de generación se realice la separación, se obtendrán residuos menos contaminados; que para el reciclaje implica residuos con un mayor valor agregado y para el compostaje involucra un abono de mejor calidad.

5.1.1. CAPACITACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN A LA CIUDADANÍA

La separación es un asunto de cultura y compromiso de autoridades y ciudadanos (Santiago et al., 2017). Esta alternativa se propone con el fin de capacitar, motivar y sensibilizar a la sociedad en el desarrollo de prácticas ambientales. Las fuentes de generación a considerar son:

a) Domiciliar

La capacitación en el sector domiciliario zona urbana es una alternativa necesaria, ya que del 31% de personas que no separan los residuos, un 41% no lo hace por desconocimiento del tema, al capacitar se permite que la población tenga un aprendizaje de separación de residuos mejorando la clasificación diferenciada. Además, permite que el 69% que ya separa sus residuos lo haga de manera apropiada.

b) Unidades educativas

Considerando que el 60% de las unidades no separan los residuos y la razón principal es por desconocimiento del tema con 67%, es necesario capacitar a los estudiantes sobre la separación en la fuente. Además, se puede impartir educación ambiental que hace falta en estas unidades, el interés por parte de los rectores por estos temas contribuye para que la capacitación se realice con mayor apoyo.

c) Mercado

En el mercado municipal la capacitación contribuirá a que el 22% de personas que no separan los residuos por desconocimiento del tema se sumen al 50% que ya separa los residuos, practicando así una correcta clasificación.

d) Comercial

En los comercios un 42% de las personas encuestadas separan sus residuos, principalmente en reciclable con un 25%. Las razones para que el 58% de personas no separen sus residuos, son el tiempo que requiere (71%) y porque es muy trabajoso (29%). En este sector, la capacitación puede no ser suficiente, por lo que se deberá entregar incentivos para que los comerciantes se motiven en la separación correcta del material reciclable.

Las capacitaciones se deben realizar mediante talleres teóricos/prácticos y deberán ser continuas, llevando un registro para control de participación y asistencia. Se

entregarán certificados a los participantes si el GAD-M lo considera pertinente, con constancia se logrará que la ciudadanía vaya creando esta nueva práctica.

Los talleres estarán a cargo del GAD-M, específicamente de la Dirección de Gestión Ambiental, Riesgos y Producción; para abordar el tema de reciclaje se apoyará de la guía “Reflexiona, reduce, reutiliza y recicla” elaborada. Es de mucha importancia que las campañas se ayuden de publicidad como videos, radiodifusión, redes sociales, grupos focales, avisos por medio de altoparlantes por las calles del cantón, entre otros. Los temas que se deberán tratar en las capacitaciones se anotan a continuación:

- Problemática de los residuos, en este apartado se incluye el tema de disposición final y cobro de tarifa de recolección que la población desconoce.
- Consumo responsable y reducción en el origen.
- Separación en la fuente y su importancia.
- Reciclaje y compostaje.
- Beneficios del reciclaje y compostaje (social, ambiental y económico).
- Materiales que pueden ser reciclados y compostados.
- Consejos de cómo entregar el material recuperable.

En algunos municipios donde se practica la separación en la fuente se debe a la normativa elaborada, comprometiéndolo a la comunidad a hacerlo, ya sea al no recoger los residuos si no están separados correctamente o mediante implementación de multas (Santiago et al., 2017). Sin embargo, este tipo de decisiones primero deben ser consultadas con la población. Se plantea considerar aplicar incentivos para motivar a la población que no está interesada en este tema, estos incentivos pueden ser económicos o regulatorios, premios y reconocimientos. La población debe percibir los beneficios, por ejemplo, se puede premiar al barrio que mejor separe los residuos. El GAD-M mediante gestión puede solicitar colaboración y buscar auspiciantes para la entrega de incentivos.

Es importante tener claro que un cambio de hábitos toma un tiempo necesario para consolidarse. La capacitación que se propone debe ser constante para afianzar conocimientos, entrenar a nuevos participantes y resolver las dudas que se presenten durante la práctica de separación, además, se deberá capacitar de manera personal, puerta a puerta, al inicio del proyecto (Röben, 2002b). Las capacitaciones deben irse ampliando paulatinamente, la misma ciudadanía será el indicador que defina la rapidez de aceptación del nuevo sistema, con su colaboración. Un crecimiento acelerado puede rebasar las capacidades instaladas y generar un efecto negativo en el desarrollo de los programas de reciclaje y compostaje (Rodríguez & Córdova, 2006).

5.1.2. PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE RECICLAJE

Para la propuesta de reciclaje se considera los resultados de la encuesta sobre el tema de reciclaje y se entrega la guía “Reflexiona, reduce, reutiliza y recicla”. Se propone el horario, día y barrios donde se realizará la recolección. Además, se utilizan los resultados de generación per cápita, composición y densidad de residuos obtenidos en el estudio para determinar la cantidad de contenedores que se necesitan en las diferentes fuentes de generación. Asimismo, se obtiene la cantidad de residuos reciclables, las dimensiones del centro de acopio temporal para el almacenamiento de los residuos de una semana, el número de trabajadores y el valor económico que se podría recibir por la venta de material.

5.1.2.1. Guía de residuos reciclables

De acuerdo con los datos obtenidos en las encuestas realizadas se obtuvo que un 23% separa los residuos reciclables y únicamente el 16% acumula y entrega el material adecuadamente. Un 26% desconoce sobre el reciclaje y el 74% si bien ha escuchado sobre este tema, ignora su importancia, los residuos susceptibles de aprovechamiento y la manera en que se deben entregar, por ello se obtuvo un alto porcentaje (88%) de personas que están interesadas en conocer más sobre el reciclaje. Con el fin de mejorar la separación de residuos reciclables, se propone el uso de la guía “Reflexiona, reduce, reutiliza y recicla” que puede ser consultada por

la ciudadanía, para aprender sobre el consumo responsable, la reducción, reutilización, reciclaje y la entrega correcta de los residuos, la guía se adjunta en el Anexo 14.

5.1.2.2. Recolección de material reciclable

La recolección debe ser selectiva para garantizar que los residuos previamente separados tengan un destino adecuado. Se propone recoger los residuos una vez por semana a nivel de vereda, es decir, el material separado se recupera desde la fuente de generación. El día propuesto para la recolección es el martes, ya que no existe ruta para recoger el material orgánico y la recolección de no aprovechables no tiene turno en la tarde. En la tabla 61, se puede observar el tipo de residuos, día, horario y barrios donde se recolectarán los residuos reciclables, los barrios designados a los residuos orgánicos son los ya establecidos por el GAD-M. Se puede utilizar un vehículo que disponga el GAD-M para esta actividad y el personal debe contar con el EPP adecuado. Es importante informar a la población el día y la hora, y se debe mantener el horario fijo para que no haya confusión.

Tabla 61
Recolección de residuos orgánicos y reciclables

TIPO DE RESIDUOS	DÍA	HORARIO		SECTORES
		Entrada	Salida	
Orgánicos	Lunes	07H00	12H00	Norte, Centro, Sur, San Francisco, Juan Bautista.
	Miércoles			Norte, Centro, Sur, Pajablanca, La Calera, Juan Bautista.
	Jueves			Mariscal Sucre, Guananguicho Sur, La Purificación Juan Bautista.
	Viernes			Norte, Centro, Sur, Juan Bautista.
Reciclables	Martes	07H00	16H00	Norte, Centro, Sur, Juan Bautista, San Pedro de Cruz y Redondel, Pajablanca, La Calera, Panamericana, San Francisco, El Mirador, Los Olivos, El Aliso.

Elaborado por: Fuertes (2020)

El éxito de esta modalidad consiste en que tanto la comunidad como los encargados de la recolección cumplan cabalmente con el horario y frecuencia establecida (Knust & Polo, 2018). Con los problemas encontrados en el servicio de recolección. Se recomienda:

- Cumplir con el horario y frecuencia establecida.
- No dejar desperdicios en las calles.
- Disminuir la velocidad al momento de la recolección.
- La sirena o sonido de alerta tiene que ser claro y fuerte, debe ser diferente para cada tipo de residuos.

5.1.2.3. Almacenamiento de los residuos reciclables

Para el almacenamiento de los residuos reciclables se determina la tasa de recuperación de material utilizando la ecuación 5.1. Para el factor de composición se utilizó los resultados obtenidos en el estudio de la composición de residuos de la figura 63, considerando que no se puede recuperar un 100% se usa un factor de recuperación del 80% y para el factor de participación se utiliza el valor obtenido en las encuestas con respecto a la participación en programas de separación igual a 84%. El peso diario del material recuperable se obtuvo multiplicando la tasa de recuperación por el valor obtenido de la cantidad diaria total de residuos generados igual a 4691.17 kg. El porcentaje y el peso del material recuperable diario se establecen en la tabla 62.

$$TRM = F_c * F_R * F_P \quad (5.1)$$

Donde:

TRM : Tasa de recuperación del material (%)

F_c : Factor de composición (%)

F_R : Factor de recuperación (%)

F_P : Factor de participación (%)

Se realiza el ejemplo de cálculo para el papel:

$$TRM = 0.0222 * 0.80 * 0.84$$

$$TRM = 1.49\%$$

$$\text{Cantidad de papel} = 0.0149 * 4691.17 \text{ kg/día}$$

$$\text{Cantidad de papel} = 69.89 \text{ kg/día}$$

Tabla 62

Tasa de recuperación de material reciclable

RESIDUOS RECICLABLES	PORCENTAJE (%)			MATERIAL RECUPERABLE	
	FC	FR	FP	(%)	kg/día
Papel	2.22	80.00	84.00	1.49	69.89
Cartón	4.26	80.00	84.00	2.86	134.17
Metal	0.66	80.00	84.00	0.44	20.64
Vidrio	1.56	80.00	84.00	1.05	49.26
Tetrapak	0.65	80.00	84.00	0.44	20.64
Plástico	5.27	80.00	84.00	3.54	166.07
TOTAL				9.82	460.67

Elaborado por: Fuertes (2020)

Los residuos reciclables necesitan un lugar de acopio para ser almacenados, para ello, se estableció la cantidad de residuos a tratar utilizando la composición de los residuos reciclables de la figura 63 y el valor de generación diaria de RSU proyectado al 2025 de la tabla 51 igual a 5230.84 kg/día. Para determinar el volumen que los residuos reciclables ocuparían durante una semana se utilizó la cantidad proyectada y las densidades de los residuos reciclables obtenidas en el estudio. Los cálculos se detallan en el Anexo 15 y los resultados se muestran en las tablas 63 y 64.

Tabla 63*Volumen que ocuparían los residuos reciclables 2025*

Residuos Reciclables	Densidad (kg/m ³)	CANTIDAD		VOLUMEN (m ³ /semana)
		Diaria (kg/día)	Semana (kg/semanal)	
Cartón	63.56	222.8	1559.8	24.5
Papel	91.79	116.1	812.9	8.9
Vidrio	144.51	81.6	571.2	4.0
Metal	60.89	34.5	241.7	4.0
Tetrapak	87.78	34.0	238.0	2.7
PET	91.87	110.9	776.3	8.4
HDPE	72.11	59.6	417.4	5.8
LDPE	21.65	64.9	454.0	21.0
PP	28.74	40.3	281.9	9.8
TOTAL		764.7	5353.2	89.0

Elaborado por: Fuertes (2020)

Tabla 64*Área que ocuparían los residuos reciclables 2025*

Residuos Reciclables	VOLUMEN (m ³ /semanal)	Altura (m)	ÁREA (m ²)	Ancho (m)	Largo (m)
Cartón	24.5	2.5	9.8	2.2	4.4
Papel	8.9	2.5	3.5	1.3	2.7
Vidrio	4.0	2.5	1.6	0.9	1.8
Metal	4.0	2.5	1.6	0.9	1.8
Tetrapak	2.7	2.5	1.1	0.7	1.5
PET	8.4	2.5	3.4	1.3	2.6
HDPE	5.8	2.5	2.3	1.1	2.2
LDPE	21.0	2.5	8.4	2.0	4.1
PP	9.8	2.5	3.9	1.4	2.8
TOTAL	89.0		35.6	4.2	8.4

Elaborado por: Fuertes (2020)

Para fines prácticos y considerando un metro más por seguridad, se establece un largo de 10 m, un ancho de 6 m y una altura de 2.5 m. Las dimensiones son las mínimas que debería tener el centro de acopio para el almacenamiento semanal. Si el GAD dispone de un lugar más grande se recomienda su uso para alargar el tiempo de almacenamiento.

El centro de acopio, que es un sitio que tiene como función el almacenamiento, separación y comercialización de materiales reciclables (Knust & Polo, 2018). Debe cumplir con las siguientes características mínimas:

- Espacio suficiente para almacenar y manipular en forma segura los residuos.
- Permitir una fácil limpieza e impedir el ingreso de animales domésticos.
- Permitir ventilación, ya sea natural o forzada.
- Ser de fácil acceso para usuarios.
- Disponer de secciones diferenciadas para el almacenamiento temporal de los residuos reciclables con dimensiones según tabla 64, debidamente rotuladas y con la señalética respectiva (véase figura 66).
- El lugar debe ser cubierto para proteger el material de los efectos climáticos.
- Equipo de prevención y control de incendios.

(Knust & Polo, 2018).



Figura 66. Material reciclable clasificado en un centro de acopio

Fuente: Chocho (2017)

El número de trabajadores para el centro de acopio, quienes deben manipular y clasificar los residuos reciclables recuperados correctamente, se determinó con la ecuación 5.2, la cual está asociada a las ecuaciones 5.3 y 5.4.

$$\#trabajadores = \frac{TC}{Rendimiento} \quad (5.2)$$

TC: Tasa de carga (t/horas)

Rendimiento: para un centro de acopio manual el valor corresponde a 0.22 t/horas*trabajador (Correal & Laguna, 2018)

$$TC = \frac{\text{Peso de material recuperable}}{T_D} \quad (5.3)$$

T_D : Tiempo disponible (horas/día)

$$T_D = J_T(1 - T_M) \quad (5.4)$$

J_T : Jornada de trabajo (8 horas/día)

T_M : Tiempo muerto (0.1 - 0.2)

$$T_D = 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} (1 - 0.2) = 6.4 \frac{\text{horas}}{\text{día}}$$

$$TC = \frac{460.67 \frac{\text{kg}}{\text{día}} * \frac{t}{1000 \text{ kg}}}{6.4 \frac{\text{horas}}{\text{día}}} = 0.072 \frac{t}{\text{horas}}$$

$$\#trabajadores = \frac{0.072 \frac{t}{\text{horas}}}{0.22 \frac{t}{\text{horas} * \text{trabajador}}} = 1 \text{ trabajador}$$

El personal designado al centro de acopio necesita la debida capacitación sobre la correcta clasificación del material reciclable, tipos de plástico y cómo reconocerlos, se debe compartir la información de la guía de residuos reciclables adjunta.

El generador debe contar con un espacio y/o contenedores para el almacenamiento de los residuos previamente separados. Para el almacenamiento temporal en las diferentes fuentes de generación se considera:

a) Domiciliar

En el hogar es importante destinar un sitio donde se ubiquen los residuos separados, debe tener fácil acceso y estar limpio; se deberá verificar el estado de los contenedores y reemplazarlos si es necesario. El GAD-M debe dotar a más hogares del sector urbano con los contenedores que dispone, verde para residuos

orgánicos y negros para no aprovechables. Para el material reciclable, puede realizarse la entrega directa al vehículo o en recipientes según la disponibilidad del usuario. Si en el hogar, todos los miembros de la familia colaboran, se divide el trabajo y es mejor la respuesta para separar.

Para determinar el volumen de los recipientes en el sector urbano se utiliza los resultados obtenidos:

$$D_{\text{residuos orgánicos}_{DOM}} = 328.48 \frac{kg}{m^3}$$

$$GPC_{DOM} \text{residuos orgánicos} = 0.324 \frac{kg}{hab * día}$$

$$D_{\text{residuos no aprovechables}_{DOM}} = 68.98 \frac{kg}{m^3}$$

$$GPC_{DOM} \text{residuos no aprovechables} = 0.070 \frac{kg}{hab * día}$$

Número de personas por vivienda promedio = 5 habitantes

Utilizando la ecuación 3.21 y tomando en cuenta un almacenamiento de dos días se obtiene:

$$V_{\text{recipiente verde}} = \frac{0.324 \frac{kg}{hab * día} * 5 hab}{328.48 \frac{kg}{m^3}} = 5 \frac{litros}{día} * 2días = 10 litros$$

$$V_{\text{recipiente negro}} = \frac{0.070 \frac{kg}{hab * día} * 5 hab}{68.98 \frac{kg}{m^3}} = 5 \frac{litros}{día} * 2días = 10 litros$$

b) Unidades educativas

En las unidades educativas se presentan el número de contenedores que necesitan cada unidad considerando la cantidad que se genera, densidad y días de recolección (véase tabla 65). De preferencia los contenedores deben tener tapa con buen ajuste que no permita la entrada de agua, insectos o roedores.

$$D_{EDU} = 57.18 \frac{kg}{m^3}$$

$$\text{Generación por estudiante}_{EDU} = 0.03 \frac{kg}{\text{estudiante} * \text{día}}$$

Se realiza el ejemplo de cálculo para la Unidad Educativa Huaca con un tiempo de almacenamiento de dos días:

$$\text{Cantidad de residuos} = 0.03 \frac{kg}{\text{estudiante} * \text{día}} * 605 \text{ estudiantes} = 18.15 \frac{kg}{\text{día}}$$

$$\text{Cantidad de residuos} = 18.15 \frac{kg}{\text{día}} * 2 \text{ días} = 36.3 \text{ kg}$$

Utilizando la ecuación 3.21

$$V = \frac{36.3 \text{ kg}}{57.18 \frac{kg}{m^3}} = 634.84 \text{ litros}$$

$$\# \text{ contenedores} = \frac{634.84 \text{ litros}}{200 \text{ litros}} = 3.17 = 4 \text{ contenedores}$$

En la Unidad Educativa Mariscal Sucre la recolección se realiza una vez por semana:

$$\text{Cantidad de residuos} = 0.02 \frac{kg}{\text{estudiante} * \text{día}} * 299 \text{ estudiantes} = 5.98 \frac{kg}{\text{día}}$$

$$\text{Cantidad de residuos} = 5.98 \frac{kg}{\text{día}} * 5 \text{ días} = 29.9 \text{ kg}$$

$$V = \frac{29.9 \frac{kg}{\text{día}}}{57.18 \frac{kg}{m^3}} = 522.91 \frac{\text{litros}}{\text{día}}$$

$$\# \text{ contenedores verdes} = \frac{522.91 \text{ litros}}{200 \text{ litros}} = 2.61 = 3 \text{ contenedores}$$

Tabla 65

Número de contenedores en unidades educativas

Unidades Educativas	Número de estudiantes	Cantidad de residuos (kg/día)	VOLUMEN (litros)	Número de contenedores de 200 litros
Huaca	605	18.15	634.84	4
Santa Mariana de Jesús	418	12.54	438.61	3
10 de Agosto	442	13.26	463.80	3
Manuel M. Velasco	254	7.62	266.53	2
Mariscal Sucre	299	5.98	522.91	3

Elaborado por: Fuertes (2020)

Las unidades cuentan con puntos ecológicos para su separación, los recipientes son de 55 litros, se deberá escoger un lugar específico para el acopio de papel y PET, el volumen que ocuparían estos residuos se presenta en la tabla 66.

$$D_{PET} = 91.87 \frac{kg}{m^3}$$

$$D_{papel} = 91.79 \frac{kg}{m^3}$$

$$Cantidad\ de\ residuos = 0.03 \frac{kg}{estudiante*día} * 605\ estudiantes = 18.15 \frac{kg}{día}$$

$$Cantidad\ de\ PET = 18.15 \frac{kg}{día} * 4.88\% = 0.886 \frac{kg}{día} * 5\ días = 4.43\ kg$$

$$Cantidad\ de\ papel = 18.15 \frac{kg}{día} * 3.13\% = 0.569 \frac{kg}{día} * 5\ días = 2.84\ kg$$

Utilizando la ecuación 3.21

$$V_{PET} = \frac{4.43\ kg}{91.87 \frac{kg}{m^3}} = 48\ litros$$

$$V_{papel} = \frac{2.84\ kg}{91.79 \frac{kg}{m^3}} = 31\ litros$$

Tabla 66

Volumen de recipientes de PET y papel en unidades educativas

Unidades Educativas	VOLUMEN (litros)	
	PET	Papel
Huaca	48	31
Santa Mariana de Jesús	34	22
10 de Agosto	36	23
Manuel M. Velasco	21	13
Mariscal Sucre	16	11

Elaborado por: Fuertes (2020)

c) Mercado

En el mercado el mayor problema con respecto al manejo de residuos es el almacenamiento temporal que se evidenció con la visita in situ y con las encuestas realizadas a los vendedores. El sitio de almacenamiento se debe cambiar de lugar o ampliar ya que el espacio es muy angosto. En el día de feria se debe disponer de 5 contenedores de 200 litros para los residuos orgánicos y 2 contenedores para los

desechos no aprovechables. Los recipientes deben tener tapa con buen ajuste que no permita el ingreso de insectos ni la salida de líquidos. La limpieza del lugar debe ser al menos dos veces por semana y de los recipientes cada quince días. El lugar y los contenedores deben tener su respectiva señalética.

$$D \text{ residuos orgánicos}_{MER} = 257.45 \frac{kg}{m^3}$$

$$D \text{ residuos no aprovechables}_{MER} = 40.18 \frac{kg}{m^3}$$

$$\text{Cantidad de residuos en día de feria} = 232.502 \frac{kg}{\text{día}}$$

$$\text{Cantidad de residuos orgánicos} = 232.502 \frac{kg}{\text{día}} * 92.36\% = 214.74 \frac{kg}{\text{día}}$$

$$\text{Cantidad de residuos no aprovechables} = 232.502 \frac{kg}{\text{día}} * 4.14\% = 9.63 \frac{kg}{\text{día}}$$

Utilizando la ecuación 3.21

$$V_{\text{recipiente verde}} = \frac{214.74 \frac{kg}{\text{día}}}{257.45 \frac{kg}{m^3}} = 834.10 \frac{\text{litros}}{\text{día}}$$

$$V_{\text{recipiente negro}} = \frac{9.63 \frac{kg}{\text{día}}}{40.18 \frac{kg}{m^3}} = 239.67 \frac{\text{litros}}{\text{día}}$$

$$\# \text{ contenedores verdes} = \frac{834.10 \text{ litros}}{200 \text{ litros}} = 5 \text{ contenedores}$$

$$\# \text{ contenedores negros} = \frac{239.67 \text{ litros}}{200 \text{ litros}} = 2 \text{ contenedores}$$

d) Comercial

En los diferentes comercios, debido a la cantidad y composición obtenida en el estudio se debe entregar únicamente el contenedor negro, exceptuando los restaurantes. Para el material reciclable, puede realizarse de acuerdo con la disponibilidad en el comercio, caso contrario, si el GAD-M considera pertinente, puede adquirir bolsas plásticas de color celeste, estas fundas deben ser resistentes, pueden ser reutilizadas y luego recicladas. La ventaja de estos recipientes es que

permitirán al generador el almacenamiento de material reciclable, la desventaja es que si no se entrega esta bolsa la separación puede no realizarse correctamente. Para obtener el volumen del recipiente se utilizan los resultados obtenidos en el estudio:

$$D \text{ residuos no aprovechables}_{COM} = 56.35 \frac{kg}{m^3}$$

$$\text{Cantidad de residuos no aprovechables} = 2.08 \frac{kg}{día} * 25.87\% = 0.535 \frac{kg}{día}$$

$$D \text{ residuos no reciclables}_{COM} = 64.01 \frac{kg}{m^3}$$

$$\text{Cantidad de residuos reciclables} = 2.08 \frac{kg}{día} * 31.72\% = 0.660 \frac{kg}{día}$$

Utilizando la ecuación 3.21

$$V_{\text{recipiente negro}} = \frac{0.535 \frac{kg}{día}}{56.35 \frac{kg}{m^3}} = 9.5 \frac{\text{litros}}{día} * 2 \text{ días} = 19 \text{ litros}$$

$$V_{\text{bolsa azul}} = \frac{0.660 \frac{kg}{día}}{64.01 \frac{kg}{m^3}} = 10.3 \frac{\text{litros}}{día} * 7 \text{ días} = 72.1 \text{ litros}$$

En cada una de las fuentes de generación la práctica de separación dependerá de la organización que exista en cada una de ellas y del apoyo por parte del GAD-M.

5.1.2.4. Comercialización de material reciclable

Al tener una cantidad representativa, seleccionada, clasificada y compactada se procede para su venta a empresas o intermediarios. El precio de comercialización de los materiales reciclables varía de acuerdo con factores como volumen, calidad, distancia y transporte, que son de consideración en el fortalecimiento del reciclaje (IRR, 2015). El estado de los residuos representa un mayor valor agregado, por ejemplo, si el plástico es separado por tipo y se encuentra limpio, pagan el precio justo. Por el contrario, si el material se encuentra sucio pueden bajar el precio o no recibir los residuos.

Para la comercialización, se debe efectuar convenios con gestores ambientales autorizados. En la Provincia del Carchi el tema de reciclaje aún no es muy conocido ni aplicado por los ciudadanos. En los últimos años, en ciudades como Tulcán y San Gabriel se han formado asociaciones o comercializadoras dedicadas a la compra de residuos como plástico, papel, metales, que son vendidos a ciudades más grandes, principalmente Quito.

Considerando que en el cantón Huaca no existen empresas que se dediquen a la compra de residuos reciclables, es necesario buscar y dialogar con gestores de los cantones aledaños, Tulcán y Montúfar. El GAD-M deberá determinar la mejor opción para vender el material a un precio justo. En la tabla 67, se presentan precios referenciales de algunas comercializadoras de residuos reciclables.

Tabla 67

Precios de comercializadoras de residuos reciclables

COMERCIALIZADORA	RECIPLANET	EL CAPULÍ	Asociación Recicladores Montúfar
CIUDAD	Tulcán	Tulcán	San Gabriel
Material Reciclable	PRECIO (\$/kg)		
PET	0.30	0.27-0.30	0.40
Plástico duro	0.10	0.10	0.12
Papel	0.12	0.08	0.08
Cartón	0.08	0.07	0.08
Metal (Chatarra)	0.10	0.08	0.12
Vidrio	0.02-0.05	0.04	

Elaborado por: Fuertes (2020)

Para el transporte del material, existen gestores que van al lugar de acopio siempre y cuando se cumpla con un peso específico. RECIPLANET en Tulcán, por ejemplo, queda en mutuo acuerdo con el generador para una cuota igual por el transporte de los residuos. Por su parte, la asociación El Capulí se encuentra en convenio con el GAD-M de Tulcán, quién ayuda en la recolección de material reciclable, se debe tener un acercamiento con la representante de la asociación para llegar a mutuo acuerdo sobre el transporte del material, si no se llega a un consenso, la

comercializadora RECIPLANET es una buena opción ya que comparte el costo del transporte. Siempre que se realice la entrega del material reciclable, se debe llevar un registro para validar esta actividad.

Considerando los precios de la comercializadora RECIPLANET, el porcentaje de recuperación de material reciclable de la tabla 62 y la cantidad semanal de residuos reciclables generada por el sector domiciliar urbano, unidades educativas y comercial, se obtienen los valores económicos aproximados que se presentan en la tabla 68. El valor aproximado será \$306.84 a la semana, que puede incrementarse si existe una recuperación adicional en otras fuentes de generación. El valor anual que representa la venta de material asciende a \$15955.68.

Tabla 68

Valor económico por venta de material reciclable

Tipo de Residuos	Precio de venta (\$/kg)	Cantidad semanal aproximada (kg)	Valor económico aproximado (\$/semana)
Papel	0.12	357.57	42.91
Cartón	0.08	686.34	54.91
Chatarra	0.10	105.59	10.56
PET/LDPE	0.30	542.35	162.71
HDPE/PP	0.10	307.17	30.72
Vidrio	0.02	251.98	5.04
TOTAL			306.84

Elaborado por: Fuertes (2020)

5.1.2.5. Costos aproximados en separación en la fuente

En la tabla 69 se presentan los costos aproximados por la propuesta de separación en la fuente, no se considera una inversión del lugar de acopio, puesto que el GADM puede hacer uso de las instalaciones disponibles en el vivero municipal. Con el valor anual de costos aproximados por la implementación del programa se obtiene un valor de \$11241.98 que restando al valor que se obtendría por la venta de material \$15955.68, se puede establecer una ganancia aproximada de \$4713.7 en el año.

Tabla 69*Costos aproximados en propuesta de separación en la fuente*

SEPARACIÓN EN LA FUENTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo U	Mensual	Anual
Capacitación					
Talleres teóricos/prácticos	U	2	200.00		400.00
Materiales	U	1	100.00		100.00
Subtotal capacitación					500.00
Transporte					
Viaje a Tulcán	gal	40	1.04	41.48	2281.40
Recolección	gal	45	1.04	46.67	2566.58
Subtotal transporte					4847.98
Centro de Acopio					
Señalética	U	5	20.00	100.00	200.00
Permiso			180.00		180.00
Báscula	U	1	200.00		200.00
Prevención y control de incendios			40.00		40.00
Big bags	U	10	10.00	100.00	200.00
Subtotal					820.00
Personal de trabajo					
Trabajador		1			4800.00
EPP	U	1	400.00	400.00	274.00
Subtotal					5074.00
COSTO TOTAL					11241.98

Elaborado por: Fuertes (2020)

5.2. ALTERNATIVA DE MEJORA AL TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS

5.2.1. PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE COMPOSTAJE

Considerando que el 68.07% de los residuos del cantón Huaca son orgánicos, que la visita in situ permitió evidenciar una incorrecta operación en la planta de compostaje y que la evaluación de impacto ambiental indica que el tratamiento de residuos orgánicos tiene el mayor valor de impactos negativos y el de mayor valor de importancia ambiental, es necesario formular una propuesta que mejore el tratamiento en la planta de compostaje del cantón Huaca.

Un programa municipal de compostaje requiere de una buena planificación, capacitación/educación, recursos financieros, involucramiento de las autoridades y ciudadanos, personal capacitado y difusión. Un trabajo en conjunto de todos estos elementos permitirá implementar un programa con éxito (Rodríguez & Córdova, 2006).

5.2.1.1. Recolección y transporte

La eficiencia en la recolección está asociada a una correcta separación de los residuos. El cantón Huaca cuenta con un sistema de recolección diferenciado con rutas y horarios establecidos, se recomienda que las frecuencias y rutas de recolección sean planeadas y comunicadas a los usuarios, deben ser permanentes con horario y días fijos para evitar confusión a la ciudadanía (ver tabla 61) (Rodríguez & Córdova, 2006).

Es importante seguir con las recomendaciones indicadas para la recolección en la sección 5.1.2.2, además, se debe compartir al usuario el buen uso de contenedores para los residuos orgánicos, con las siguientes recomendaciones:

- No comprimir los residuos biodegradables.
- No echar desechos líquidos al recipiente.
- No poner el recipiente al sol.
- Cerrar el recipiente y limpiarlo después de cada recolección.
- En caso de existir malos olores en los contenedores, se puede usar cal, ya que es barata y no daña al proceso de compostaje.

(Röben, 2002b).

5.2.1.2. Operación

La operación se realizará en el terreno de la planta de compostaje que tiene el GAD-M. Las fuentes de la materia prima necesaria para la planta son: domiciliar, mercado y restaurantes. El área destinada al compostaje cuenta con varias de las instalaciones necesarias. Sin embargo, se propone mejorar:

- Área de producción del compost.
- Diferenciar la recepción de residuos orgánicos y la salida del compost.
- Canaletas y zonas del proceso impermeables (pavimentadas).
- Evitar el ingreso de aguas pluviales.
- Equipo de prevención y control de incendios.

5.2.1.2.1. Dimensionamiento de la zona de producción del compost

En la visita in situ se pudo evidenciar que el espacio destinado para la producción del compost no cubre con la capacidad y que no tiene áreas definidas ni estructura adecuada. En virtud de esto, con los datos obtenidos en el estudio de generación per cápita y composición de residuos, se calcula las dimensiones de la zona destinada a la producción del compost para que opere de una manera más eficiente. El área para producción de compost será de 1305 m² con dimensiones de 45 m de largo y 29 m de ancho.

Para tener control sobre los parámetros importantes en el compostaje, el sistema operará bajo cubierta, así se tiene baja influencia de las condiciones meteorológicas sobre el proceso, la estructura puede ser tipo galpón o tipo invernadero, el piso debe ser impermeable para evitar contaminación por lixiviados y para evitar el agua lluvia se debe contar con cunetas perimetrales (Muñoz, 2008).

La cantidad de residuos a tratar se determinó con la tasa de generación per cápita total estimada al año 2025, la composición de residuos orgánicos y la población estimada de la zona urbana para un periodo de cinco años.

$$GPC_{TOTAL-2025} = 0.575 \frac{kg}{hab * día}$$

$$GPC_{DOM-RORG} = 0.575 \frac{kg}{hab * día} * 68.07\% = 0.391 \frac{kg}{hab * día}$$

$$P_{URBANA-2025} = 5988 \text{ hab} (1 + 0.0139)^5 = 6416 \text{ habitantes}$$

$$\text{Producción diaria de RO} = 0,391 \frac{\text{kg}}{\text{hab} * \text{día}} * 6416 \text{ hab} = 2508.66 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Con la ecuación 3.21 de densidad y el peso específico obtenido de 297 kg/m³, se procede a calcular el volumen que será necesario.

$$D = \frac{W}{V} \rightarrow V = \frac{W}{D} = \frac{2508.66 \text{ kg}}{297 \text{ kg/m}^3} = 8.45 \text{ m}^3$$

Se utilizará el compostaje en pilas, por lo que se debe considerar una altura adecuada ya que afecta directamente al contenido de humedad, de oxígeno y la temperatura. Si las pilas son más altas que 1.50 m pueden ocurrir condiciones anaerobias ya que se impide la aireación natural (Röben, 2002b). Para establecer el tamaño de la pila se utilizó la metodología descrita en el Manual de Compostaje del Agricultor (Román et al., 2013). Se establece una altura de 1.3 m, y un ancho de 2.5 m y se aplicó las ecuaciones 5.5 y 5.6.

$$V_p = A_p * L_p \quad (5.5)$$

Donde:

V_p : Volumen de la pila (m³)

A_p : Área triangular de la pila (m²)

L_p : Longitud de la pila (m)

$$A_p = \frac{b_p * h_p}{2} \quad (5.6)$$

Donde:

A_p : Área triangular de la pila (m²)

b_p : Ancho de la pila (m)

h_p : Altura de la pila (m)

$$V_p = \frac{b_p * h_p}{2} * L_p \rightarrow L_p = \frac{2 V_p}{b_p * h_p} = \frac{2 (8.45 \text{ m}^3)}{(2.5\text{m})(1.3\text{m})} = 5.2 \text{ m}$$

Se han ubicado 56 pilas, en filas con una separación de 1 m. El plano de distribución de las pilas se observa en el Anexo 16. Para determinar el número de jornaleros se considera un rendimiento de 0.29 t/hora*trabajador (Beltrán & Pérez, 2020) y se aplican las ecuaciones 5.2, 5.3 y 5.4.

$$T_D = 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} (1 - 0.2) = 6.4 \frac{\text{horas}}{\text{día}}$$

$$TC = \frac{2508.66 \frac{\text{kg}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ t}}{1000 \text{ kg}}}{6.4 \frac{\text{horas}}{\text{día}}} = 0.392 \frac{\text{t}}{\text{hora}}$$

$$\#trabajadores = \frac{0.392 \frac{\text{t}}{\text{hora}}}{0.29 \frac{\text{t}}{\text{hora} * \text{trabajador}}} = 2 \text{ trabajadores}$$

Se necesita dos trabajadores para el volteo de una pila de compost, ellos serán quienes controlen el proceso y desde la tercera semana trasladarán las pilas de una fila a otra. No obstante, se necesita la colaboración de al menos 4 trabajadores para los viernes de cada semana, puesto que es el día destinado para la conformación de camas.

Dentro de la planta se llevarán a cabo cuatro actividades importantes:

- Recepción y almacenamiento
- Pretratamiento
- Tratamiento
- Postratamiento

5.2.1.2.2. Recepción y almacenamiento

Esta etapa engloba la recepción y descarga de los materiales destinados a compostaje. Se deberá llevar un registro de entrada, anotando el día, hora y cantidad. Si existen residuos impropios, es decir, aquellos que no son biodegradables o que son peligrosos como: plástico, vidrio, metal, pilas, restos de

medicamentos, etc., deben ser retirados para garantizar un producto final sin contaminantes o impurezas (Agencia de Residuos de Cataluña, 2016).

5.2.1.2.3. Pretratamiento

La molienda es una operación que puede no ser incluida, sin embargo, es recomendable triturar los residuos gruesos, ya que cuanto mayor sea la superficie expuesta al ataque microbiano, la velocidad del proceso aumenta (Moreno, 2008). Para bajar los costos y facilitar la operación, se desmenuzará los trozos grandes con machetes, hachas o martillos (Röben, 2002b).

En la etapa de pretratamiento también se puede adicionar diferentes tipos de residuos, agentes químicos u otros materiales complementarios con el objetivo de facilitar el compostaje y mejorar las características del producto final (Agencia de Residuos de Cataluña, 2016). En ocasiones es necesario agregar composta ya lista a la mezcla para su maduración (Rodríguez & Córdova, 2006).

5.2.1.2.4. Tratamiento

La técnica de compostaje será en pilas ya que es muy versátil y permite adecuar el proceso según la materia prima, clima o recursos económicos disponibles (Rodríguez & Córdova, 2006). Para obtener un mayor control del proceso, una mayor velocidad de degradabilidad y un producto de mayor calidad, el compostaje se mejorará mediante la inoculación de microorganismos (Moreno, 2008).

Considerando que el cantón Huaca tiene un clima de tipo ecuatorial frío de alta montaña con temperaturas menores a 12°C (Pourrut, 1995), una zona de vida tipo bmhM (Vásquez, 2015) y que el tiempo de proceso requiere de cuatro a seis meses por las condiciones climáticas (Défaz & Gualoto, 2020), es necesario optimizar este tiempo, para ello se propone el uso de activadores biológicos como los microorganismos eficientes autóctonos (EMAs) que son cultivos microbianos mixtos que se obtienen en los ecosistemas locales, con propiedades benéficas sin

manipulación genética y fisiológicamente compatibles entre sí (Luna & Mesa, 2016). La eficiencia de estos microorganismos se ha comprobado en estudios realizados en lugares con condiciones climáticas similares al cantón, obteniendo buenos resultados.

Guasco & Jaramillo (2015) estudiaron y analizaron factores fisicoquímicos para comparar la calidad y cantidad del compost resultante del uso de EMAs versus productos comerciales, obteniendo una degradación más efectiva al utilizar el activador EMAs. Défaz & Gualoto (2020) evaluaron la eficiencia de activadores biológicos en el tiempo de maduración del compost en un ecosistema de páramo bmhM. Con todos los análisis respectivos y considerando parámetros fisicoquímicos, calidad del compost maduro según Norma Chilena NC2880 y tiempo de descomposición; determinaron al activador EMAs como el más eficiente logrando la madurez del compost en 15 semanas.

Para cultivar los microorganismos y poder aplicarlos en el proceso de compostaje del cantón Huaca, se debe seguir el siguiente proceso:

- Para la siembra de los microorganismos, se debe cocinar 10 kg de arroz sin sal y mezclar con 10 litros de melaza y 10 kg de harina de trigo integral no refinada, u otros productos con alto contenido de proteína.
- En recipientes plásticos se colocará la mezcla y se deberá cubrir con una media nylon correctamente asegurada con ligas.
- Las tarrinas deberán ser enterradas en un lugar con pasto y vegetación natural de preferencia en un lugar alejado de la comunidad. A una profundidad de 20 cm y se deberá cubrir con hojarascas.
- Después de un mes se procede a la cosecha de los microorganismos, luego se deberá colocar en un tanque y mezclar con 35 litros de melaza, 35 kg de harina de trigo integral en 100 litros de agua no tratada (en reposo o lluvia). A esta mezcla se la conoce como solución madre.
- Luego se debe sellar el tanque con un plástico y facilitar la salida de gases. (Défaz & Gualoto, 2020).

El material biodegradable que llegue a la planta se colocará en pilas triangulares y se formarán filas de cuatro montones que corresponden a los días de recolección. Se recomienda cubrir las pilas con pasto o con una capa fina (5-10 cm) de abono listo de la fracción gruesa para evitar el problema de olor y no atraer moscas (Röben, 2002b). El sistema se muestra en la figura 67.

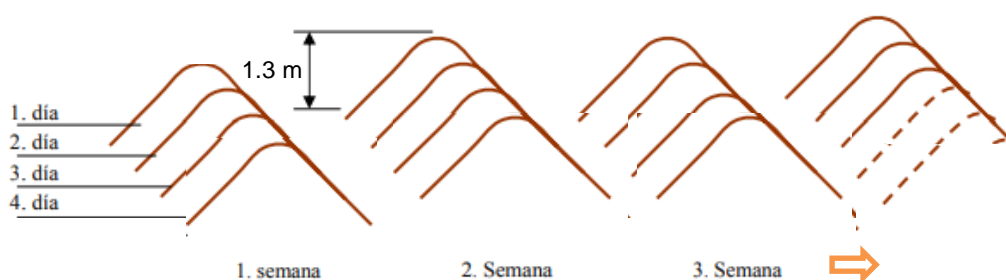


Figura 67. Compostaje en pilas

Fuente: Röben (2002b)

Elaborado por: Fuertes (2020)

Se realizará la primera vuelta el cuarto día de recolección (viernes), en donde el material será transportado a la primera fila. Para ello se debe construir, una cama con base seca (pequeñas ramas, hojas secas, paja, aserrín, restos de poda) (30 cm), luego material orgánico (30 cm), seguido de estiércol (vaca, cuy o caballo) (3 cm), rociar con la solución madre de microorganismos previamente preparada, se colocará otra capa de residuos (30 cm) y otra de estiércol (3 cm), se humedece nuevamente con la solución de EMAs. Finalmente, se colocará los residuos orgánicos hasta completar una pila de 1.3 m y se riega con el activador. La formación de la cama únicamente se hará en la primera fila y se utilizará 6 litros de la solución, es decir, 2 litros por cada capa (Défaz & Gualoto, 2020; Guasco & Jaramillo, 2015) .

Después de una semana se pasa a la segunda fila y luego a la tercera en la semana siguiente. Se deberá realizar la mezcla dos veces por semana o al menos una vez, para airear y homogenizar el material. En el Anexo 17, se encuentra el formato de control de aspecto visual, olor, temperatura y pH, para decidir cuándo hacer el

volteo (Román et al., 2013). Para el volteo se utilizarán palas y si el cargador frontal está disponible se hace uso de esta maquinaria.

Como el peso del material disminuye con el proceso, se deberá combinar las pilas de una semana, con el fin de ahorrar espacio. Se debe garantizar que las pilas tengan aproximadamente la misma edad, para no mezclar compost maduro con inmaduro (Röben, 2002b). En la tabla 70 se presentan los problemas que se evidenciaron con la visita de campo y que afectan al proceso de compostaje en el cantón Huaca. La mayor cantidad de puntos críticos se presentan por la falta de volteos para la aireación de las pilas y la falta de material seco.

Tabla 70

Puntos críticos en operación de la planta de compostaje de Huaca

OPERACIÓN	PUNTOS CRÍTICOS	SOLUCIÓN
Descomposición	Malos olores	Se debe airear mediante volteos de la pila y subir el pH.
	Vectores (moscas, ratas, etc.)	Se debe controlar la humectación, dar mayor aireación y mezclar con residuos secos.
Aireación	Exceso de humedad y ambiente anaerobiosis.	Se debe voltear la mezcla y/o adicionar material complementario con bajo contenido de humedad.
Humectación	Escurrecimiento de lixiviados	Se debe volterar la mezcla y/o adicionar material con bajo contenido de humedad y con alto valor en carbono. Perforación de nuevos canales de aireación.
	Encharcamiento en la base.	Se debe disminuir la humectación.
Maduración	Compost inmaduro	Se puede recircular el material, utilizándolo como biofiltro o protección contra el sol o el frío.

Fuente: Puerta (2004), Rodríguez & Córdova (2006)

Elaborado por: Fuertes (2020)

En la tabla 71 se enuncian otros puntos críticos que se pueden presentar durante el proceso de compostaje y que el técnico de la planta debe tener en consideración.

Tabla 71*Puntos críticos y soluciones en producción del compost*

OPERACIÓN	PUNTOS CRÍTICOS	SOLUCIÓN
Descomposición	Control de humedad	Humectación en temporada seca.
	Control de temperatura	Humectación, aireación y cubrir pilas.
Aireación	Sellado de los canales de aireación	Disminuir la humectación, aumentar el tamaño de algunas partículas.
	Disminución de la temperatura antes de tiempo y evaporación de agua	Disminuir el periodo de volteo. Regular la humedad añadiendo agua o material fresco con mayor contenido de agua (restos de fruta y verduras)
Humectación	Resequedad de la mezcla	Aumento de la humectación, bien añadiendo agua o material fresco con mayor contenido de agua. Volteo.
	Estacion húmeda	Adecuación del drenaje. Aumento de los residuos secos. Recolección de agua y almacenamiento en grandes tanques en la estación lluviosa para uso durante el año.
Higienización	Clima frío	Proteger con plástico o material de poda.
	Temperatura baja	Disminuir el volteo, proteger la pila. Verificar humectación.

Fuente: Rodríguez y Córdova (2006)

Elaborado por: Fuertes (2020)

Las consideraciones que se deben tener en cuenta con respecto a las fases del compostaje se enuncian en la tabla 72.

Tabla 72*Consideraciones en las fases de compostaje*

FASE MESÓFILA
<ul style="list-style-type: none"> ▪ La temperatura aumenta rápidamente y el proceso de biodegradación empieza. ▪ Disminución del pH por formación de ácidos orgánicos. ▪ Emisión de olores.
TERMÓFILA O HIGIENIZACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> ▪ El pH sube. ▪ Emisión de olores. ▪ Temperatura aumenta.
FASE DE ENFRIAMIENTO O MESÓFILA II
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Las temperaturas descienden nuevamente. ▪ El pH del medio desciende (se mantiene ligeramente alcalino).
FASE DE MADURACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> ▪ La actividad microbiana es menos crítica y no requiere un control tan exhaustivo. ▪ Disminuyen las emisiones y la frecuencia de volteo o humedecimiento.

Fuente: Agencia de Residuos de Cataluña (2016), Röben (2002b), Román et al. (2013)

Elaborado por: Fuertes (2020)

Los parámetros de seguimiento como temperatura, humedad, pH y aireación deben ser monitoreados durante todo el proceso y modificados para que sus valores se encuentren dentro de los rangos establecidos. Para la temperatura se utiliza un termómetro, para el pH se usará tiras de pH, para la humedad se aplicará el método del puño y para aireación se deberá voltear la mezcla. Los otros parámetros necesitarán análisis en un laboratorio. Los valores de los parámetros del compostaje se muestran en la tabla 73.

Tabla 73

Parámetros y rangos ideales en las fases de compostaje

Parámetro	Rango ideal al inicio (2-5 días)	Rango ideal para compost en fase termofílica (2-5 semanas)	Rango ideal de compost maduro
C/N	25/1 – 35/1	15/1 – 20/1	10/1 – 15/1
Humedad	50 – 60%	45 – 55%	30 – 40%
Concentración de oxígeno	~10%	~10%	~10%
Tamaño de partícula	<20 cm	~15 cm	<1.6 cm
Temperatura	<45°C	45 – 65°C	<45°C (~T ambiente)
pH	4.0 – 6.5	6.0 – 8.5	7.0 – 7.5
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: Agencia de Residuos de Cataluña (2016), Moreno (2008), Román et al. (2013), Tchobanoglous et al. (1994)

Elaborado por: Fuertes (2020)

A continuación, en las tablas 74,75,76,77,78 y 79 se presenta los parámetros: relación C/N, oxígeno, humedad, temperatura, tamaño de partícula y pH, respectivamente, con sus consideraciones y soluciones en caso de que en el proceso de compostaje se vean afectados estos parámetros.

Tabla 74*Consideraciones de relación C/N en proceso de compost*

Relación Carbono/Nitrógeno
<ul style="list-style-type: none"> • Si la relación C/N es mayor puede indicar que no se ha descompuesto lo suficiente, los microorganismos se demorarán más en descomponer los residuos, haciendo el proceso más lento, las temperaturas no subirán suficientemente y se perderá el exceso de carbono en forma de dióxido de carbono. Deben añadirse materiales ricos en nitrógeno, como estiércol y lodos de plantas de tratamiento de aguas (libres de contaminantes tóxicos). • Si la relación C/N es baja indica que la composta se ha mineralizado excesivamente, se producen pérdidas de nitrógeno en forma de amoníaco. La mezcla se debe compensar añadiendo componentes ricos en carbono, como paja, desperdicios de papel, desechos de la industria de madera, hojas secas, aserrín, restos de poda.

Fuente: Röben (2002b), Román et al. (2013)

Elaborado por: Fuertes (2020)

Tabla 75*Consideraciones de oxígeno en el proceso de compost*

Oxígeno
<ul style="list-style-type: none"> • Cuando falta oxígeno en la mezcla, mueren los organismos aerobios y comienza una descomposición anaerobia (que es más lenta y despiden olor desagradable). Para ello, es necesario airear la mezcla, incluir a la pila partículas de diferentes tamaños que generen túneles de aire y también se debe revolver las pilas. • Cuando existe exceso de aireación, se produce un descenso de temperatura (enfriamiento de la masa) y evaporación del agua, con la consiguiente reducción de la actividad metabólica de los microorganismos, haciendo que el proceso de descomposición se detenga. Se debe reducir el tamaño del poro y regular la humedad.

Fuente: Moreno (2008), Rodríguez & Córdova (2006), Román et al. (2013)

Elaborado por: Fuertes (2020)

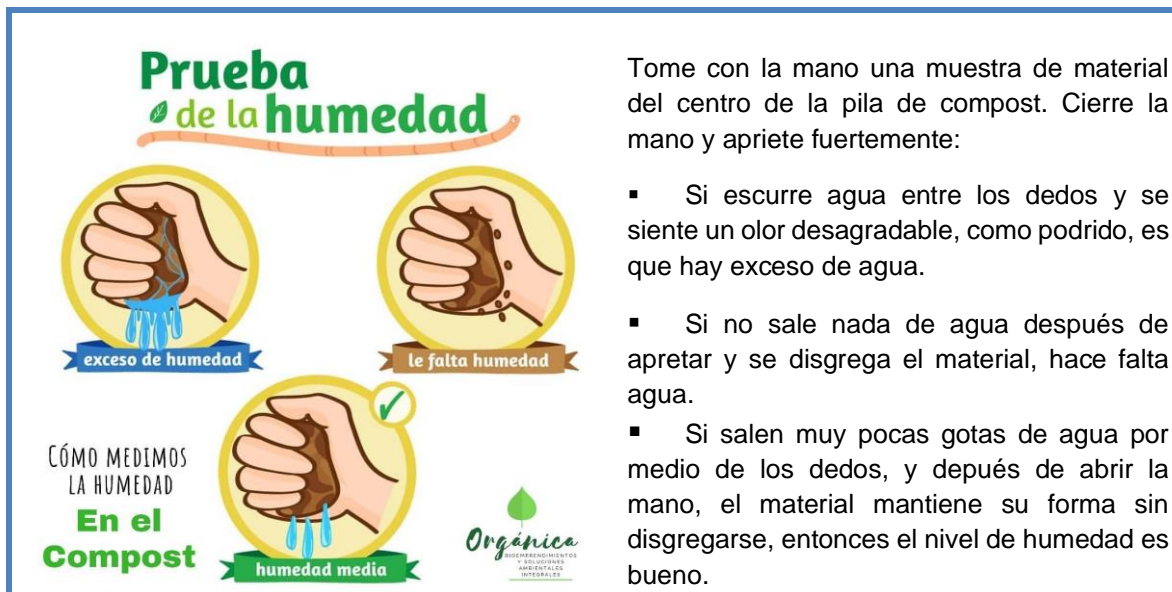
Tabla 76*Consideraciones de humedad en el proceso de compost*

Humedad
<ul style="list-style-type: none"> • La falta de humedad provocará una sensible disminución de la actividad microbiana, por lo que se paralizará la degradación y bajará la temperatura. Se puede regar la mezcla o taparla con plástico para reducir la evaporación del agua. • Un exceso de humedad dificulta la circulación del oxígeno y puede provocar la descomposición anaerobia de la mezcla. Se puede añadir material con menos humedad (papel no reciclable, desechos de parques y jardines, paja, desechos de carpintería etc.). También se puede airear.

Fuente: Röben (2002b), Rodríguez & Córdova (2006)

Elaborado por: Fuertes (2020)

Para controlar el contenido de humedad del compost se puede aplicar el siguiente procedimiento empírico, que se muestra en la figura 68.



Tome con la mano una muestra de material del centro de la pila de compost. Cierre la mano y apriete fuertemente:

- Si escurre agua entre los dedos y se siente un olor desagradable, como podrido, es que hay exceso de agua.
- Si no sale nada de agua después de apretar y se disgrega el material, hace falta agua.
- Si salen muy pocas gotas de agua por medio de los dedos, y después de abrir la mano, el material mantiene su forma sin disgregarse, entonces el nivel de humedad es bueno.

Figura 68. Método del puño

Fuente: APROLAB (2007)

Elaborado por: Fuertes (2020)

Es importante considerar la temperatura dentro del proceso de compostaje, ya que es considerada como una variable fundamental, su evolución representa muy bien el proceso de compostaje. Pequeñas variaciones de temperatura afectan más a la actividad microbiana que pequeños cambios de la humedad, pH o C/N (Moreno, 2008).

Tabla 77

Consideraciones de temperatura en el proceso de compost

Temperatura
<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura baja, el material no se descompone debido a la falta de nitrógeno, poca humedad. Se debe añadir restos frescos (restos de fruta y verduras), estiércol y compost ya preparado para acelerar el proceso y se debe humedecer. • Temperatura demasiado alta, se inhibe el crecimiento de los propios microorganismos (suicidio microbiano) por lo que el proceso de descomposición no finaliza. Además, se ocasiona la pérdida del nitrógeno por volatilización (amoníaco) y se obtendrá un compost pobre en este nutriente. Se debe voltear y verificar la humedad.

Fuente: Moreno (2008), Röben (2002b), Román et al. (2013)

Elaborado por: Fuertes (2020)

Tabla 78*Consideraciones de tamaño de partícula en proceso de compost*

Tamaño de las partículas
<ul style="list-style-type: none"> • Si el tamaño de la partícula es demasiado grande, se producen conductos de aire que reducen la temperatura y se desacelera el proceso. • Si el tamaño es muy pequeño reduce el espacio entre partículas, limitando la difusión de oxígeno hacia el interior y de dióxido de carbono al exterior, lo que restringe la proliferación microbiana. Si es excesivamente pequeño pueden originarse problemas de compactación excesiva que impedirán el proceso de aireación necesario, creando una descomposición anaerobia. Para ello se debe voltear y añadir material de tamaño mayor.

Fuente: Moreno (2008), Rodríguez & Córdova (2006)

Elaborado por: Fuertes (2020)

Tabla 79*Consideraciones de pH en proceso de compost*

Potencial Hidrógeno (pH)
<ul style="list-style-type: none"> • Un valor menor de 4.5, produce exceso de ácidos orgánicos y tienden a acidificar el medio. Se debe adicionar material rico en nitrógeno. • Un valor superior a 8.5, produce exceso de nitrógeno lo que produce amoníaco alcalinizando el medio. Se debe adicionar material seco y con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín).

Fuente: Rodríguez & Córdova (2006), Román et al. (2013)

Elaborado por: Fuertes (2020)

5.2.1.2.5. Postratamiento

El postratamiento incluirá las siguientes actividades:

- Recirculación de composta madura que no pasa el tamaño de tamiz.
- Preparación de mezclas para su uso.

Estas actividades se realizarán mediante el cribado o tamizado, esta operación separa el compost en 2 o 3 fracciones. El abono más fino se puede mezclar con arenas, tierras, abonos minerales, vegetales, etc., si es necesario (Rodríguez & Córdova, 2006). El compost maduro se puede utilizar en macetas, jardineras y plántulas (Román et al., 2013).

Para esta operación se utilizará mallas o un tamiz manual estándar con marcos de acero o madera, como se observa en la figura 69. Si el compost es demasiado húmedo se debe secar al sol antes de tamizar, ya que puede obstruir la malla (Rodríguez & Córdova, 2006). El tamaño de la malla depende del uso final del abono, en la tabla 80, se establecen las fracciones estándar del compost y su uso.



Figura 69. Herramientas para tamizar el compost

Fuente: Röben (2002b), Román et al. (2013)

Tabla 80

Fracciones estándar para aplicaciones del compost

Fracción	Diámetro de las partículas	Aplicaciones del compost
Compost fino	< 1.2 cm	Abono para mejoramiento del suelo.
Compost mediano	1.2-2.5 cm	Abono para mejoramiento del suelo, material de filtros biológicos.
Compost grueso	>2.5 cm	Material de estructura para mejoramiento del suelo y para compostaje, material de cobertura del relleno sanitario, material de relleno para trabajos de construcción o de arquitectura de paisaje.

Fuente: Röben (2002b)

Elaborado por: Fuertes (2020)

En el área destinada al postratamiento hay que considerar que el compost y otros materiales presentan una granulometría muy fina y son fácilmente arrastrados por

el viento. Por lo tanto, se ha de incorporar medidas correctoras, tales como: muros, mallas de plástico, pantallas vegetales (Agencia de Residuos de Cataluña, 2016). Finalmente, se envasará el producto, para ello se pesará y llenará en sacos con ayuda de una pala, considerando que el peso final de los residuos es 1/3 del peso inicial (Muñoz, 2008), la cantidad de abono obtenido será de 46828.32 kg en un tiempo de 15 semanas aproximadamente. El producto ya envasado debe almacenarse hasta su destino final.

5.2.1.3. Utilización del compost

La utilización es importante en un programa de compostaje debido a que, si el compost no es utilizado, no se completa el ciclo del programa. En las encuestas, un 73% mencionó que el abono orgánico será de utilidad para plantas, sembríos y terrenos; en las unidades educativas el compost puede ser usado en el proyecto de huertos escolares que están realizando. El GAD-M también puede utilizar el compost en los parques y jardines del cantón (inversión en el suelo municipal). Otras alternativas son para la reforestación y para disponerlo en suelos degradados, como lo son aquellos que se encuentran en rellenos sanitarios (Rodríguez & Córdova, 2006).

Se recomienda planificar la entrega del compost para evitar la acumulación del material en la planta y se debe realizar pruebas físico químicas y biológicas (indicadores de contaminación fecal) al compost maduro para garantizar su calidad (Rodríguez & Córdova, 2006). Un análisis de metales pesados al menos una vez al año (Röben, 2002b). La garantía de que el abono no contenga patógenos o metales pesados es lo que dará mayor confianza para ser usado en agricultura (Román et al., 2013).

Para comprobar que el compost está maduro, se pueden realizar las siguientes técnicas:

- Se debe frotar un poco del compost entre las palmas de las manos y si se desprende fácilmente, es de buena calidad (Flores & Cabrera, 2006).
- Tomar mínimo tres muestras representativas de la pila para analizar el aspecto y olor. El color del compost debe oscurecer con la madurez llegando a un color café oscuro o negro, no debe presentar mal olor sino tener un olor a suelo húmedo y no debe mostrar exceso de humedad (Román et al., 2013).
- Hacer un cuarteo de la pila y tomar de cada cuarto 3 muestras de 100 gramos, estas muestras se deben almacenar en bolsas plásticas y dejar reposar por dos días en un lugar fresco y seco. Si la bolsa aparece hinchada (llena de aire) y con condensación de humedad es una señal de que el proceso aún no termina (Román et al., 2013).
- Introducir en el centro de la pila un machete o barra metálica de 50 cm, si después de 10 minutos, al retirar se siente caliente (no se puede tocar porque quema), el compost aún está en proceso de degradación (Román et al., 2013).
- Cuando el compost es maduro este debe ser capaz de retener su peso en agua, se debe agregar un litro de agua a un kilo de compost y este debe ser capaz de retenerlo. Además, si se deja reposar por 24 horas, la temperatura no debe aumentar, caso contrario el compost está aún inmaduro (Universidad Nacional de Colombia, 2014).

Si las técnicas indican que el compost está inmaduro, se debe dejar la pila para que el proceso de compostaje continúe.

5.2.1.4. Herramientas y EPP

Dentro de la planta de compostaje se necesitará las siguientes herramientas: palas, manguera, machetes o tijeras de podar, tamiz, rastrillos, carretillas. Termómetros o vara metálica, papel de pH.

El personal de recolección y quienes trabajen directamente con los residuos están expuestos a una serie de enfermedades y accidentes en el trabajo. El personal deberá disponer de un equipo de protección personal que incluya:

- Gafas para protección del rostro.
- Mascarilla para protección contra olores.
- Guantes para protección de las manos, que sean resistentes al corte que sean flexibles y livianos.
- Gorra para protección del sol.
- Overol con cintas reflectantes.
- Zapatos de seguridad para protección contra golpes o por caída de objetos.

El personal deberá utilizar en forma adecuada el EPP según la actividad a realizarse, deberá estar limpio, en buen estado e individual para cada trabajador. (López et al., 2016).

5.2.1.5. Costos aproximados del programa de compostaje

En la tabla 81 se presentan los costos aproximados necesarios para mejorar la planta de compostaje, el valor total es de \$58764.00, un precio elevado para las condiciones económicas del cantón, el valor más alto corresponde a la infraestructura. El GAD-M puede buscar financiamiento por acuerdos con organizaciones que ayuden a proyectos de aprovechamiento de residuos o establecer un mercado de venta a otros cantones y determinar mediante un estudio económico su viabilidad.

Tabla 81

Costos aproximados por mejoras a la planta de compostaje

PLANTA DE COMPOSTAJE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo U	Mensual	Anual
Inversión					
Estructura					45000.00
				Subtotal	45000.00
Herramientas					
Tijeras de podar	U	2	16.00	32.00	32.00
Machete	U	2	4.50	9.00	9.00
Rastrillo	U	2	3.00	6.00	6.00

Tabla 81 Continuación

Herramientas					
Carretilla	U	3	50.00	150.00	150.00
Palas	U	6	10.50	63.00	63.00
Regadera	U	1	10.00	10.00	10.00
Tamiz	U	1	60.00	60.00	60.00
Manguera	U	2	16.00	32.00	32.00
Termómetro	U	2	5.00	10.00	10.00
				Subtotal	372.00
Materiales					
Hilos	U	1	2.00	2.00	4.00
Costales	U	1000	0.25	250.00	500.00
Bolsas ziploc	U	2	2.25	4.50	4.50
Papel pH	U	2	15.75	31.50	31.50
Tanque	U	1	50.00	50.00	50.00
Tarrinas	U	2	4.00	8.00	16.00
Nylon	U	6	1.00	6.00	6.00
				Subtotal	612.00
Insumos					
Harina de trigo	kg	25	3.5	87.50	1050.00
Melaza	litros	50	1	50.00	600.00
Arroz	kg	10	1.25	12.50	150.00
				Subtotal insumos químicos	1800.00
Personal de trabajo					
Jornaleros		2	400.00	800.00	9600.00
				Subtotal personal de trabajo	9600.00
Equipo de Protección Personal					
Overol	U	6	35	210.00	420.00
Zapatos punta de acero	U	2	45	90.00	180.00
Gorras	U	6	8	48.00	96.00
Mascarillas	U	6	2.5	15.00	180.00
Gafas	U	6	4	24.00	288.00
Guantes	U	6	3	18.00	216.00
				Subtotal EPP	1380.00
COSTO TOTAL					58764.00

Elaborado por: Fuertes (2020)

A pesar de los elevados costos, hay que considerar las ventajas ambientales y sociales que el proyecto representa. El compost puede ser usado por la comunidad para mejorar las propiedades del suelo que utilizan para sus sembríos, además,

con el programa se reducirá en un 41% la cantidad de residuos que se depositan en el relleno sanitario, lo que conlleva a un ahorro aproximado de \$3256.70 anuales con respecto a la recolección, ya que se reduciría el número de viajes a Tulcán y se disminuiría un día de recolección, como se establece en la tabla 82.

Tabla 82

Ahorro en servicio de recolección

AHORRO EN SERVICIO DE RECOLECCIÓN					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo U	Mensual	Anual
Transporte					
2 viajes a Tulcán	gal	12.1	1.04	12.55	690.12
Recolección	gal	45	1.04	46.67	2566.58
Subtotal					3256.70

Elaborado por: Fuertes (2020)

5.2.2. OTRAS ALTERNATIVAS A LOS RESIDUOS ORGÁNICOS

La primera alternativa consiste en asistencia técnica para la realización de compost en casas o comunidad de la zona rural, debido a que un 52% de las personas realizan abono en este sector, además varias viviendas disponen de espacio suficiente para la realización de abono y tienen sembríos en donde pueden usarlo. Para establecer el porcentaje de recuperación de residuos orgánicos, se utiliza la ecuación 5.1, y se toma en cuenta los siguientes datos obtenidos en el estudio:

- Factor de composición residuos orgánicos en el sector rural= 69.55%.
- Factor de recuperación = 52% (porcentaje de personas que realizan abono orgánico).
- Factor de participación = 84% (porcentaje de participación en separación).

$$TRM = 0.6955 * 0.52 * 0.84$$

$$TRM = 30.38\%$$

Por lo tanto, se obtiene un porcentaje de recuperación de residuos orgánicos igual a 30.38% en el sector rural, que corresponde a 249 kg/día.

La segunda alternativa se propone considerando que un 51% de las personas en el sector urbano y un 48% en el sector rural utilizan los residuos orgánicos como

alimento para animales, estableciendo que, se debe seguir capacitando y educando a la ciudadanía para que continúen realizando esta práctica para reducir los residuos orgánicos. La alimentación a animales es un hábito que se ha realizado desde hace años, ya que es un aporte importante de energía para los animales y una fuente alimenticia para los cerdos, principalmente. Para ello, los residuos se deben separar de materiales que puedan atentar contra la salud del animal, luego se debe cocinar para favorecer la digestión de los alimentos y reducir la contaminación por agentes patógenos asegurando la calidad de la crianza y protegiendo la salud de la población (Alegre, 2004).

5.3. ALTERNATIVA DE MEJORA A LA DISPOSICIÓN FINAL

Para determinar la mejor alternativa de disposición final de los RSU se analizaron distancias, tiempos de trayecto y costos en combustible hacia los rellenos sanitarios más cercanos Tulcán y Montúfar, como se presentó en la sección 4.1.3.1. No obstante, como aporte se presenta información de interés para el GAD-M con respecto a un relleno manual con los datos obtenidos en el estudio, que se ajusta a la cantidad de residuos generados en el cantón.

5.3.1. RELLENO MANUAL

5.3.1.1. Área del relleno manual

Con los datos de generación per cápita obtenidos en el estudio se entrega información sobre el área necesaria para el relleno sanitario manual, los cálculos se encuentran en el Anexo 18 y los resultados se presentan en la tabla 83. El espacio necesario para un relleno manual corresponde a 1.6 hectáreas, si bien el área no representa un valor elevado, para el cantón se debe considerar el terreno disponible, debido a que alrededor del 60% tiene pendientes pronunciadas de difícil acceso y un 17.85% de bosque protector. Además, del total de superficie únicamente el 4.16% tiene pendiente menor a 12% lo que equivale a 323.55 ha; y el 17.72% presenta pendiente de 12 a 25%.

Tabla 83
Área necesaria para relleno manual

AÑO	POBLACIÓN (hab)	CANTIDAD DE DESECHOS				VOLUMEN DE DESECHOS				ÁREA		
		gpc kg/hab*día	Diaría (kg)	Residuos al relleno (t/día)	Anual (t/año)	Compactado (m³/año)	mc (m³/año)	Estabilizado (m³/año)	Necesario (m³/año)	Acumulado (m³/año)	Necesaria (m²)	Total (m²)
2020	8581	0.547	4224.4	4.2	1542	3084	617	2570	3187	3187	637	829
2021	8683	0.552	4317.4	4.3	1576	3152	630	2626	3257	6443	1289	1675
2022	8786	0.558	4412.5	4.4	1611	3221	644	2684	3329	9772	1954	2541
2023	8891	0.564	4509.7	4.5	1646	3292	658	2743	3402	13174	2635	3425
2024	8997	0.569	4609.0	4.6	1682	3365	673	2804	3477	16650	3330	4329
2025	9104	0.575	4710.5	4.7	1719	3439	688	2866	3553	20204	4041	5253
2026	9212	0.581	4814.2	4.8	1757	3514	703	2929	3631	23835	4767	6197
2027	9322	0.586	4920.2	4.9	1796	3592	718	2993	3711	27547	5509	7162
2028	9433	0.592	5028.5	5.0	1835	3671	734	3059	3793	31340	6268	8148
2029	9545	0.598	5139.2	5.1	1876	3752	750	3126	3877	35216	7043	9156
2030	9659	0.604	5252.4	5.3	1917	3834	767	3195	3962	39179	7836	10186
2031	9774	0.610	5368.0	5.4	1959	3919	784	3266	4049	43228	8646	11239
2032	9890	0.616	5486.2	5.5	2002	4005	801	3337	4138	47366	9473	12315
2033	10008	0.623	5607.0	5.6	2047	4093	819	3411	4230	51596	10319	13415
2034	10127	0.629	5730.5	5.7	2092	4183	837	3486	4323	55919	11184	14539
2035	10247	0.635	5856.7	5.9	2138	4275	855	3563	4418	60336	12067	15687
TOTAL					29195	58390	11678	48658	60336		12067	15687
Área total del relleno sanitario (ha)												1.6

Elaborado por: Fuertes (2020)

El cantón cuenta con maquinaria que puede ser usada para tener una mejor compactación de residuos (excavadora tipo oruga).

5.3.1.2. Celda diaria

Para el cálculo de la celda diaria se consideran los siguientes datos:

- Generación total diaria de residuos (GTR)= 4691.17 kg/día
- Días de recolección= cinco días
- Valor de densidad para residuos compactados en relleno manual = 0.5 t/m³
- Se considera una cobertura de recolección= 90%, debido a que no se recogen los residuos en lugares del cantón donde los caminos son de 3er y 4to orden, lo que dificulta el acceso.
- Factor de material de cobertura=1.2

La cantidad de desechos generados y que van al relleno sanitario se determina con la ecuación 5.7.

$$CDS_{RS} = GTR * \frac{7 \text{ días}}{5 \text{ días laborales}} \% \text{Recolección} \quad (5.7)$$

$$CDS_{RS} = 4691.17 * \frac{7}{5} * 0.9 = 5910.87 \frac{\text{kg}}{\text{día laboral}}$$

Se determina el volumen de la celda diaria, considerando un 20% de material de cobertura del volumen de los residuos recién compactados (500 kg/m³).

$$V_{\text{celda diaria}} = \frac{5910.87 \frac{\text{kg}}{\text{día laboral}}}{500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} * 1.20 = 14.2 \frac{\text{m}^3}{\text{día laboral}}$$

Las dimensiones de la celda se determinan estableciendo un metro de altura y aplicando la ecuación 5.8.

$$A_c = \frac{V_c}{h_c} \quad (5.8)$$

A_c : Área de la celda (m²)

V_c : Volumen de la celda (m³)

h_c : altura de la celda (1 a 1.5) (m)

$$A_c = \frac{14.2 \text{ m}^3}{1 \text{ m}} = 14.2 \frac{\text{m}^2}{\text{día laboral}}$$

El largo de la celda estará sujeto a las variaciones normales del ingreso de los desechos, y el ancho se utilizará 3 metros ya que es el adecuado para que el vehículo pueda descargar los residuos, el esquema se observa en la figura 70.

$$\text{largo} = \frac{A_c}{\text{ancho}} = \frac{14.2 \text{ m}^2}{3 \text{ m}} = 4.7 \text{ m/día}$$

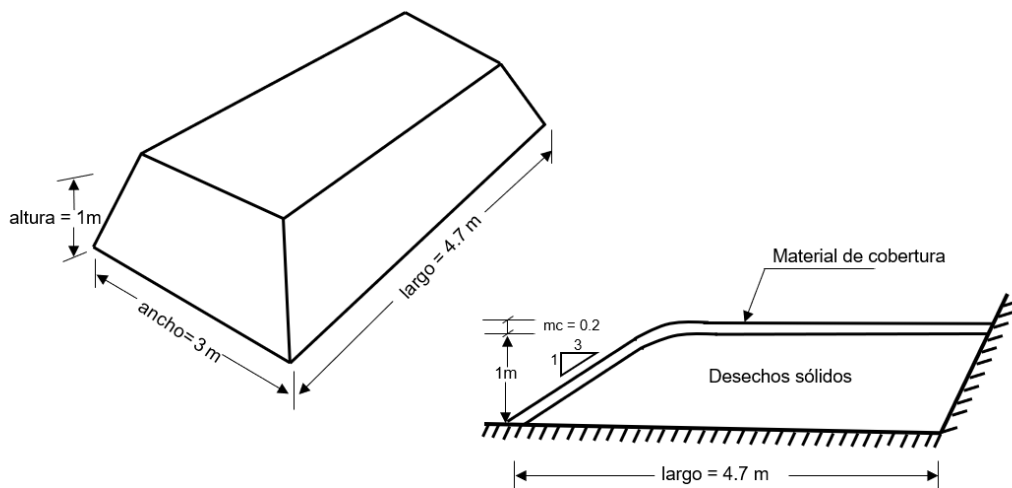


Figura 70. Dimensiones de la celda diaria

Fuente: Jaramillo (2002)

Elaborado por: Fuertes (2020)

5.3.1.3. Mano de obra

En la tabla 84 se presenta el número de trabajadores que se necesitaría para la operación de un relleno manual.

$$V_{\text{Desechos}} = \frac{5910.87 \text{ kg/día}}{500 \text{ kg/m}^3} = 11.82 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$V_{\text{tierra}} = 11.82 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 0.20 = 2.36 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$V_c = 11.82 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} + 2.36 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 14.2 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$A_c = \frac{14.2 \text{ m}^3}{1 \text{ m}} = 14.2 \text{ m}^2$$

Tabla 84*Mano de obra para relleno manual*

Operación	Rendimiento	Trabajador/día
Movimiento de desechos	$\frac{5.9 \text{ t/día}}{0.95 \frac{\text{t}}{\text{hora} * \text{trabajador}}} * \frac{1}{6 \text{ horas}}$	1.035
Compactación de desechos	$\frac{14.2 \text{ m}^2}{20 \frac{\text{m}^2}{\text{hora} * \text{trabajador}}} * \frac{1}{6 \text{ horas}}$	0.118
Movimiento de tierra	$\frac{2.36 \text{ m}^3}{0.37 \frac{\text{m}^3}{\text{hora} * \text{trabajador}}} * \frac{1}{6 \text{ horas}}$	1.063
Compactación de la celda	$\frac{14.2 \text{ m}^2}{20 \frac{\text{m}^2}{\text{hora} * \text{trabajador}}} * \frac{1}{6 \text{ horas}}$	0.118
Total		2.3= 3 trabajadores

Fuente: Jaramillo (2002)**Elaborado por:** Fuertes (2020)

Si la disposición final no se realizará en cualquiera de los dos rellenos antes mencionados, el GAD-M debe tener en cuenta que, para un relleno sanitario manual como cualquier obra de saneamiento, se necesita de financiamiento para los estudios de criterios para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, mantenimiento y monitoreo, cierre del relleno (Jaramillo, 2002). El sitio de disposición debe cumplir con criterios técnicos, ambientales, económicos y sociales; además, requiere de compromiso político, personal técnico, y de participación social (Bernache, 2012).

Para un relleno manual es necesario realizar estudios topográficos, geotécnicos, hidrológicos y considerar aspectos como: disponibilidad de material de cobertura, vías de acceso, tipo de suelo del sitio, distancia a recursos hídricos superficiales, profundidad del nivel freático, uso de suelo, zonas de inundación, afectación al paisaje y biota, distancia a la población más cercana, propiedad del terreno y costo, distancia al centro de generación de residuos y costo de la infraestructura (Röben, 2002a). Es conveniente que el suelo sea impermeable (arcilloso) a fin de evitar contaminar las aguas subterráneas; debido a la estructura franco-arenosa del

cantón Huaca es importante caracterizar el suelo para evaluar la estabilidad del terreno, calidad del material de cobertura, permeabilidad $\leq 1 \times 10^{-7}$ cm/s, caso contrario se debería impermeabilizar con capas de arcilla o con geomembrana (Jaramillo, 2002).

La aceptación social es otro factor muy importante para considerar, en las encuestas realizadas se obtuvo que un 50% de las personas desconocen el lugar donde se depositan los residuos. Sin embargo, una obra como esta, puede afectar a la comunidad y a los terrenos que ellos utilizan para la agricultura y cuidado del ganado que corresponde al 63.46% del uso de suelo, por eso es importante informar al público sobre la posible implementación de un relleno manual, sin el respaldo de la ciudadanía es probable que no se pueda ejecutar el proyecto.

5.3.1.4. Costos de disposición final en relleno manual

En la tabla 85 se presentan costos aproximados de un relleno manual tomando como referencia un sitio con características de generación de residuos similares a la zona de estudio.

Tabla 85

Costos aproximados de la disposición final en un relleno manual

Disposición Final- Relleno Manual					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo U	Mensual	Anual
Inversión					
Preparación del terreno y obras complementarias					11792.00
Herramientas					310.66
Celda					1033.00
Estudios y diseño					25000.00
				Subtotal	38135.66
Operación					
Mantenimiento	U	1	560.00	560.00	6720.00
Combustible	gal	350	1.04	362.95	4355.40
Relleno					39900.00
Operador	U	1	750.00	750.00	9000.00

Tabla 85 Continuación

Operación					
Jornaleros		3	650.00	1950.00	23400.00
EPP	U	3			1111.00
Subtotal					84486.40
Estudios					
Estudio de Impacto Ambiental (EIA)					10000.00
Auditoría Ambiental de Cumplimiento (AAC)					7000.00
Subtotal					17000.00
COSTO TOTAL					139622.06

Elaborado por: Fuertes (2020)

Considerando la generación de residuos sólidos en el cantón Huaca, el uso de suelo principalmente para la ganadería y agricultura, la implicación de costos de inversión y operación de este tipo de infraestructura, para el GAD-M es más conveniente trabajar mancomunadamente con cantones aledaños.

5.3.2. RELLENOS SANITARIOS DE TULCÁN Y MONTÚFAR

5.3.2.1. Costos de disposición final en relleno sanitario de Montúfar

En la tabla 86 se establecen los costos aproximados anuales que el GAD-M de Huaca gastaría si la disposición final de los RSU se realizará en el Relleno Sanitario de Montúfar, el valor del costo disminuiría si se reduce la cantidad de desechos que van al relleno mediante el aprovechamiento de residuos. Es importante mencionar que esto no implica que puedan existir más cláusulas o compromisos por parte del GAD-M de Montúfar, como también el rechazo de un convenio.

Tabla 86

Costos aproximados de la disposición final en relleno sanitario de Montúfar

Disposición Final- Relleno Sanitario Montúfar					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo U	Mensual	Anual
Residuos Sólidos					
Residuos	t	5	60.00	6525.00	78300.00
Subtotal residuos					78300.00

Tabla 86 Continuación

Maquinaria					
Mantenimiento					10040.00
Combustible viaje a Montúfar	gal	46.94	1.04	243.38	2920.61
Peaje-San Gabriel	\$	2	2.00	100.00	1200.00
Subtotal maquinaria					14160.61
Personal de trabajo					
Operador		1	750.00	750.00	9000.00
EPP	U	1			240.00
Subtotal personal de trabajo					9240.00
COSTO TOTAL					101700.61

Elaborado por: Fuertes (2020)

5.3.2.2. Costos de disposición final en relleno sanitario de Tulcán

En la tabla 87 se presentan los costos por la disposición final en el relleno del cantón Tulcán, se incluyen materiales e insumos que el GAD-M de Huaca debe cumplir como compromisos por disponer los residuos.

Tabla 87*Costos aproximados de la disposición final en relleno sanitario de Tulcán*

Disposición Final- Relleno Sanitario Tulcán					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo U	Mensual	Anual
Material					
Tiras de madera (2.20 m *5cm)	U	200	4.00	800.00	1600.00
Costaneras (eucalipto de 5 cm*2.20m)	U	200	4.00	800.00	1600.00
Rollos de malla hexagonal (de alambre de galvanizado: alambre de acero de bajo carbono de 1 pulgada)	U	5	55.00	275.00	550.00
Piedra bola	m ³	20	8.76	175.20	350.40
Subtotal material					4100.40
Maquinaria					
Mantenimiento					30068.00
Combustible					2994.44
Vehículo Recolector	gal	30.46	1.04	157.94	1895.22
Volqueta	gal	40	1.04	41.48	497.76
Excavadora de orugas	gal	145	1.04	150.37	601.46
Subtotal maquinaria					33062.44

Tabla 87 Continuación

Insumos Químicos					
Glifosato	gal	20	25.7	514.00	1028.00
Raticida	kg	20	15	300.00	600.00
Cipermetrina	litros	20	33	660.00	1320.00
Subtotal insumos químicos					2948.00
Personal de trabajo					
Operador		3	750.00	2,250.00	27000.00
EPP	U	3			648.00
Subtotal personal de trabajo					27648.00
COSTO TOTAL					67758.84

Elaborado por: Fuertes (2020)

Los requerimientos de insumos y materiales varían de acuerdo con las necesidades que presente el GAD-M de Tulcán, manteniendo la proporcionalidad económica y técnica inicialmente establecida en el convenio y en común acuerdo entre las partes. Los costos aproximados anuales por la disposición final de los residuos en el relleno sanitario de Tulcán son igual a \$67758.84, este valor es menor comparado con el dato del relleno de Montúfar \$101700.61, esto se debe principalmente a que la disposición de los residuos en Montúfar va a depender las toneladas diarias de residuos que se generen en el cantón Huaca. Por lo tanto, la disposición final más viable económicamente es el relleno del cantón Tulcán ya que se ahorra alrededor del 34% en recursos económicos.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- En base al diagnóstico realizado con visitas en campo y encuestas, se determinó que, en el cantón Huaca un 58% de las personas separan sus residuos y un 42% no lo hace, del 58% se separa en residuos orgánicos y no aprovechables con un 35%, y únicamente el 23% separa los residuos reciclables. Con respecto a las fuentes de generación, el sector domiciliario urbano tiene el más alto porcentaje de separación en la fuente con un 69% debido al programa piloto de clasificación y recolección diferenciada, mientras que, las unidades educativas son la fuente de generación que menos separa con un 40%. Los valores para los otros generadores corresponden a 50% mercado, 48% domiciliario rural y 42% comercial.

- En base a las encuestas realizadas se determinó que existe un bajo porcentaje de participación e interés de la ciudadanía por la separación en la fuente, entre las razones principales para no separar los residuos corresponden a: tiempo que requiere (75% zona rural, 71% comercios, 50% mercado, 35% sector urbano, 33% unidades educativas) y por desconocimiento del tema (67% unidades educativas, 41% zona urbana, 22% mercado, 17% zona rural). Por lo tanto, es necesario dirigir capacitaciones y sensibilización sobre la importancia y ventajas de la separación en las diferentes fuentes de generación, se debe también dotar de contenedores diferenciados y aplicar incentivos, principalmente en el sector comercial que es la fuente de generación menos interesada por separar. El compromiso, colaboración e involucramiento de la ciudadanía y de las autoridades del GAD-M permitirán obtener mejores resultados en el programa de separación en la fuente.

- Los resultados de las encuestas muestran que el tema del reciclaje aún no es prioridad en el cantón puesto que, existen bajos porcentajes separación de este material (29% sector domiciliario, 25% comercios, 20% unidades educativas, 17% sector rural, 11% mercado). Del 23% de residuos reciclables que se separan, un 16% se acumulan con la finalidad de vender, regalar o reutilizar; 4% de los residuos se queman y el 3% terminan mezclándose en la recolección debido a la falta recicladores o centros de acopio, disminuyendo la oportunidad de aprovechamiento de estos residuos al no separar y entregar correctamente el material.
- Los resultados de las encuestas de separación de residuos orgánicos indican que existe una mayor clasificación de estos residuos (40% sector urbano, 39% mercado, 31% zona rural, 20% unidades educativas, 17% comercios). En el sector rural existe un alto aprovechamiento debido a que, un 52% realiza abono orgánico y un 48% utiliza como alimento para animales, estableciendo que se puede capacitar en esta zona para mejorar el tratamiento que ya realizan y reducir la cantidad de residuos.
- En la evaluación de impacto ambiental se determinó, 43% impactos significativos, 38% despreciables, 17% benéficos y 2% altamente significativos. Por lo tanto, los impactos ambientales encontrados en las fases de separación en la fuente, tratamiento y disposición final de los residuos son factibles de corrección y mientras se encuentren controlados adecuadamente no representan un riesgo para el ambiente y la salud. Además, se estableció que la fase que presenta mayor valor de impacto negativo sobre los factores ambientales corresponde al tratamiento de residuos orgánicos en la planta de compostaje, debido a la falta de control en el proceso que ha generado proliferación de vectores, emisión de olores, producción de lixiviados, afectación al suelo, calidad visual, salud y seguridad.

- Se determinó que el nivel socioeconómico incide en la generación de residuos, el sector rural presenta un estrato medio bajo (C-) con una generación per cápita igual a 0.455 kg/hab*día; y en la zona urbana se estableció un estrato medio típico (C+) con un valor de 0.466 kg/hab*día. No obstante, al tener estratos o características de desarrollo similares en las dos zonas del cantón, la generación per cápita no difiere significativamente.
- En base a la caracterización de residuos, se obtuvo que el valor de la tasa de generación per cápita global para el cantón Huaca corresponde a 0,547 kg/hab*día, constituida por la tasa per cápita domiciliar igual a 0.463 kg/hab*día y 0.084 kg/hab*día correspondiente a la tasa de otras fuentes generadoras (comercial, mercado, unidades educativas, subcentros de salud y barrido). Este valor global se encuentra dentro de los valores establecidos para microciudades (<15000 habitantes) según el informe de evaluación regional del manejo de residuos sólidos en ALC, además, se ajusta a los indicadores de nivel económico medio-bajo, tamaño poblacional, actividad comercial, cultura de consumo y desarrollo del cantón.
- La cantidad de residuos generados en el cantón Huaca es de 4691.17 kg/día, la fuente de generación domiciliar es la de mayor consideración para capacitaciones de separación en la fuente debido a que aporta con la mayor cantidad de residuos con un 84.69%, seguido del sector comercial con un aporte del 12.37%, las unidades educativas y el mercado municipal son fuentes de generación que se pueden ir incorporando paulatinamente, ya que representan el 1.23% y 1.20%, respectivamente. Por su parte, las fuentes de menor generación de residuos corresponden a 0.43% de barrido y 0.09% en subcentros de salud.
- La composición de los residuos sólidos urbanos en Huaca muestra que en este cantón predominan significativamente con un valor de 68.07% los residuos orgánicos, seguido de un 17.28% de residuos no aprovechables y

en menor porcentaje se encuentran los residuos reciclables con 14.62% debido a la baja actividad comercial del cantón. Los residuos orgánicos se encuentran principalmente en el mercado y domicilios con 92.36% y 69.52%, respectivamente, los desechos no aprovechables tienen un 60.47% en unidades educativas y 61.76% en subcentros de salud, y los residuos reciclables se encuentran en las fuentes de generación comercial 31.72%, unidades educativas 20.49% y domiciliar 15.44%. La composición de los residuos reciclables corresponden a cartón (4.26%), papel (2.22%), PET (2.12%), vidrio (1.56%), LDPE (1.24%), HDPE (1.14%), metal (0.66%) y Tetrapak (0.65%), siendo el cartón, papel y PET los que se encuentran en mayor porcentaje y a su vez son residuos de alta demanda en el mercado del reciclaje.

- Se determinó que la densidad global de los residuos del cantón Huaca corresponde a 152 kg/m^3 , y por tipo de residuos se obtuvo valores de 297 kg/m^3 , 75 kg/m^3 y 68 kg/m^3 , para los residuos orgánicos, reciclables y no aprovechables, respectivamente. Además, se determinó que la densidad de los residuos varía según la fuente generadora, a mayor cantidad de residuos orgánicos se obtuvo una mayor densidad (174.47 kg/m^3 en mercado y 168.05 kg/m^3 sector domiciliar). Los valores más bajos corresponden a unidades educativas 57.18 kg/m^3 y subcentros de salud 50.00 kg/m^3 por la presencia de material reciclable y desechos no aprovechables.
- Se elaboró la guía “Reflexiona, reduce, reutiliza y recicla” como una herramienta útil para el GAD-M en las capacitaciones a realizarse, con el fin de mejorar la separación de los residuos reciclables, dar mayor valor agregado a estos materiales y contribuir en el aprendizaje de la población interesada sobre temas como la importancia de las 3Rs, consumo responsable, tipos de residuos reciclables y consejos para la entrega del material.

- Se determinó que, del 14.62% de residuos reciclables, el porcentaje de recuperación de material reciclable en función de factores de composición, recuperación y participación en la separación de los residuos, con la capacitación a las fuentes de generación domiciliar urbana, comercial y unidades educativas; es igual a 9.82%, es decir una cantidad de 460.67 kg/día. Para el almacenamiento semanal del material reciclable, se dimensionó un centro de acopio con proyección a cinco años, obteniendo las dimensiones 10 m de largo, 6 m de ancho y 2.5 m de altura.

- La implementación del programa de reciclaje es una alternativa que representa un beneficio ambiental debido a que se reduce la cantidad de residuos que van al relleno sanitario, y económico, puesto que, los costos anuales aproximados por el programa de separación corresponden a \$11241.98 y el valor anual por la venta de los residuos sería de \$15955.68, generando una ganancia de \$4713.7.

- El programa propuesto de compostaje servirá para mejorar la operación del tratamiento actual de los residuos orgánicos y disminuir los impactos ambientales causados. Los residuos orgánicos de la zona urbana serán los utilizados en la planta, las mejoras establecidas consisten en un tratamiento aerobio con volteo manual en un área disponible de 1305 m² (45 m de largo y 29 m de ancho), con un total de 56 pilas, dos trabajadores y la adición de la solución madre de microorganismos eficientes autóctonos (EMAs) para disminuir el tiempo de proceso a 15 semanas aproximadamente, considerando que el cantón tiene un clima ecuatorial frío de alta montaña y una zona de vida bmhM. Con esta propuesta, además, se disminuirá aproximadamente un 41% de la cantidad de residuos que se depositan en el relleno sanitario y se obtendrá 46828.32 kg de abono orgánico que podrá beneficiar a las familias del cantón ya que puede ser utilizado como acondicionador natural del suelo para mejorar sus cultivos.

- El programa de compostaje con la capacitación y separación correcta en la zona urbana disminuye la cantidad de residuos generados, lo que conlleva a un ahorro anual de \$3256.70 en el servicio de recolección ya que se reducen dos viajes al relleno sanitario y un día de recolección. No obstante, hay que considerar que la inversión tiene un costo aproximado de \$58764.00, un valor elevado para la situación económica del cantón, determinando que se necesitaría un financiamiento por acuerdos con organizaciones que ayuden a proyectos de aprovechamiento de residuos o se debería realizar un estudio económico considerando posible mercado de venta en cantones aledaños.
- El sector rural tiene un alto porcentaje de residuos orgánicos 69.55% y considerando que un 52% de personas realizan abono orgánico, es necesario realizar capacitaciones sobre compostaje doméstico y/o comunitario para mejorar de manera técnica el tratamiento que ya se realiza en esta zona y así contribuir a la misma comunidad con un acondicionador natural del suelo para sus cultivos y reducir en un 30.38% la cantidad de material orgánico generado que equivale a 249 kg/día.
- Se determinó que la mejor alternativa de disposición final de los residuos generados del cantón Huaca entre el relleno sanitario de Tulcán y Montúfar corresponde al situado en el cantón Tulcán debido a la menor distancia, ahorro en tiempo y combustible, además los costos anuales aproximados por la disposición final en Tulcán corresponden a \$67758.84 y en Montúfar son de \$101700.61, permitiendo un ahorro del 34% en recursos económicos aproximadamente.
- Como alternativa a la disposición final de los residuos, se estableció en función de la GPC_{TOTAL} el área necesaria de un relleno manual correspondiente a 1.6 hectáreas, además se determinó que la celda diaria tiene dimensiones de 4.7 m de largo, 3 m de ancho y 1 m de altura, el número

de trabajadores necesarios son tres y los costos aproximados corresponden a \$139622.06. Sin embargo, considerando las pendientes del cantón, uso limitado del terreno, uso del suelo principalmente para la ganadería y agricultura, estudios técnicos, económicos, ambientales y sociales de la ubicación del sitio de disposición final, la implicación de costos de inversión y operación. Se concluye que para pequeños cantones es conveniente el trabajo en mancomunidad, en este caso con el cantón aledaño Tulcán.

6.2. RECOMENDACIONES

- Al realizar el muestreo en zonas rurales, se debe considerar, que gran parte de la población de este sector trabaja en actividades agropecuarias, por lo que recoger las muestras en la mañana presenta dificultad. Se recomienda la recolección en la tarde o acordar un sitio específico donde se pueden dejar las muestras. En fines de semana se debe también tomar en cuenta el horario, puesto que varias personas salen hacia la cabecera cantonal.
- Se recomienda difundir la Ordenanza para la Gestión Integral de Residuos Sólidos del Cantón San Pedro de Huaca, para que la ciudadanía conozca sobre sus responsabilidades, multas y sanciones por el inadecuado manejo de residuos.
- Se recomienda implementar el programa de compostaje propuesto y evaluar la eficiencia en calidad y tiempo de maduración del abono orgánico producido por los EMAs con respecto al producto comercial utilizado Biomix.
- Para la campaña de muestreo en fuentes de generación diaria con mayor cantidad generada como unidades educativas y mercados, se recomienda usar costales u otro tipo de recipiente, puesto que las fundas se rompen fácilmente.

- Se recomienda establecer líneas de cooperación y coordinación con empresas o instituciones interesadas en actividades de manejo de residuos, ya que es una alternativa para incrementar la viabilidad de proyectos de gestión de residuos en cantones pequeños. Además, pueden ser quienes aporten o auspicien los incentivos para la separación en la fuente.
- Se recomienda establecer líneas de apoyo con la academia, el trabajo en conjunto permite obtener beneficios para ambas partes. Por ejemplo, las capacitaciones y campañas de sensibilización pueden ser dirigidas por estudiantes de carreras afines de las universidades cercanas al cantón como proyecto de vinculación; y para los análisis de compost se pueden enlazar convenios, para que los estudiantes puedan realizar sus prácticas o proyectos en el vivero municipal.
- Se recomienda actualizar el estudio de caracterización de residuos sólidos del cantón cada cinco años para poder obtener datos del incremento de la tasa de generación per cápita.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel-Shafy, H., & Mansour, M. (2018). Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization. *Egyptian Journal of Petroleum*, 27(4), 1275–1290. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2018.07.003>
- Agencia de Residuos de Cataluña. (2016). *Guía Práctica para el Diseño y la Explotación de Plantas de Compostaje*. http://residus.gencat.cat/web/.content/home/lagencia/publicacions/form/GuiaPC_web_ES.pdf
- Aguilar, D. (2017, 09 de octubre). *Tabla t de Student*. <https://es.scribd.com/document/361150633/Tabla-t-de-Student>
- Alegre, M. (2004). *Guía para el manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales*. <http://www.ingenieroambiental.com/newinformes/pequena.pdf>
- AME [Asociación de Municipalidades del Ecuador]. (2018). *Mejoramiento del servicio municipal de manejo integral sostenible de los residuos sólidos e implementación de políticas públicas sobre GIRS en Ecuador*.
- APROLAB [Programa de apoyo a la formación profesional para la Inserción Laboral en el Perú]. (2007). *Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces*. <https://es.slideshare.net/efebetancur/manual-para-elaboracion-de-compost>
- ARC [Agencia de residuos de Cataluña], & REPACAR [Asociación española de Recuperadores de papel y cartón]. (2012). Guía de buenas prácticas para el reciclaje y la recuperación de papel y cartón en Cataluña. *Biblioteca de Cataluña*, 25. http://iceers.org/Documents_ICEERS_site/Safety&Ethics/Ayahuasca-Guia_Buenas_Practicas_ICEERS2014.pdf?utm_content=buffer3d513&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer
- Arguello, J. (2018). *Gestión de Residuos Sólidos*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2018/Bolletin_tecnico.pdf
- Asamblea Nacional. (2010, 19 de octubre). *Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización*. Registro Oficial Suplemento N° 303. http://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_org.pdf

- Asamblea Nacional. (2017, 12 de abril). *Código orgánico del ambiente*. Registro Oficial N° 983. https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/Codigo_Oorganico_Ambiente.pdf
- AsamTech. (2009). *Estudio de impacto ambiental ex-post del proyecto de mejoramiento de la calidad ambiental en los cantones de Tulcán y San Pedro de Huaca mediante un manejo optimizado de desechos sólidos y manejo adecuado de aguas residuales*. Tulcán, Ecuador.
- AsamTech. (2018). *Estudios de Factibilidad y Diseños Definitivos para fortalecer la Gestión Integral de los Residuos Sólidos y Desechos Sanitarios del Cantón Montúfa-Provincia del Carchi*. San Gabriel, Ecuador.
- Barradas, A. (2009). *Gestión integral de residuos sólidos municipales. Estado del arte*. http://oa.upm.es/1922/1/Barradas_mono_2009_01.pdf
- Beltrán, C., & Pérez, P. (2020). *Potencial de compostaje de los residuos sólidos orgánicos generados en el mercado mayoristas del cantón Ambato* [tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Digital EPN. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20824>
- Benavides, R., & Guallasamin, K. (2017). *Módulo de Información Ambiental en Hogares*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Hogares/Hogares_2017/DOC_TEC_MOD_Ambiental_Enemudo2017.pdf
- Bernache, G. (2012). Riesgo de contaminación por disposición final de residuos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 28(1), 97–105. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v28s1/v28s1a14.pdf>
- Buil, S. (2008). *Taller Didáctico de Reciclaje en Educación Primaria* (G. Castilla (ed.); La Prensa). <http://www.alhaurin.com/pdf/2012/17.pdf>
- Bustos, C. (2009). La problemática de los desechos sólidos. *Economía*, 27, 121–144. <http://www.redalyc.org/pdf/1956/195614958006.pdf>
- Callister, W., & Rethwisch, D. (2015). *Ciencia e ingeniería de los materiales* (2 ed). Reverté
- Carvajal, P., & Romero, A. (2019). *Propuesta de plan de manejo y gestión de residuos sólidos para la parroquia rural Totoras del cantón Ambato* [tesis de

- grado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Digital EPN. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20824>
- Castillo, M. (2012). *Consultoría para la Realización de un Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Urbanos Domésticos y Asimilables a Domésticos para el Distrito Metropolitano de Quito*. http://www.emaseo.gob.ec/documentos/pdf/Caracterizacion_residuos.pdf
- CEPIS/OPS [Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente/Organización Panamericana de la Salud]. (2005). Guía Para Caracterización de Residuos Sólidos Domiciliarios. *AIDIS*, 1(1), 59–71. https://www.academia.edu/23969592/Anexo_2_Guía_para_caracterización_de_residuos_sólidos_domiciliarios
- Chocho, J. (2017). *Caracterización y aprovechamiento de los residuos sólidos del centro comercial Milenium Plaza en la ciudad de Cuenca* [tesis de grado, Universidad del Azuay]. Repositorio Institucional. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/7540>
- Concejo Municipal San Pedro de Huaca. (2018). *Ordenanza para la Gestión Integral de Residuos del Cantón San Pedro de Huaca*. San Pedro de Huaca, Ecuador.
- Consejo Nacional de Competencias. (2015, 13 de enero). *Competencias de Gestión Ambiental de Gobiernos Descentralizados*. Registro Oficial Suplemento 415. https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Resolución-CNC-Gestión-Ambiental.pdf
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Registro Oficial 449. https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- Correal, M., & Laguna, A. (2018). *Estimación de costos de recolección selectiva y clasificación de residuos con inclusión de organizaciones de recicladores*. <https://reciclajeinclusivo.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>
- Défaz, G., & Gualoto, H. (2020). *Evaluación de la eficiencia de tres activadores*

- biológicos aplicados a pilas de compostaje ubicadas en la comunidad de San Francisco de Cruz Loma* [tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Digital EPN. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20824>
- Denver. (2017). *Your guide to easy recycling*. https://www.denvergov.org/content/dam/denvergov/Portals/709/documents/EasyGuidetoRecycling_2017_Englis.pdf
- Dirección Distrital Educación 04D01. (2018). *Rendición de cuentas Dirección distrital 04D01 San Pedro de Huaca-Tulcán*. <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/02/04D01-Informe-Rendicion-de-cuentas-2018.pdf>
- Dirección General de Normas. (1992, 6 de noviembre). *Norma mexicana NMX-AA-61-1985, Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos municipales-Determinación de la generación*. Diario Oficial de la Federación. <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa061.pdf>
- Ecoembes. (2015). *Guía para reciclar más y mejor*. <https://www.ecoembes.com/sites/default/files/guia-con-contenedor-residuos-organicos.pdf>
- EGLE [Michigan Department of Environment, Great Lakes and Energy]. (2019). *Recycling 101 learn the basics*. https://www.michigan.gov/documents/deq/DEQ_Recycling101_web_511597_7.pdf
- EMAC [Empresa Municipal de Aseo de Cuenca]. (2017). *Superhéroes de las 3Rs*. [http://emac.gob.ec/sites/default/files/Manual de las 3r para Digital.pdf](http://emac.gob.ec/sites/default/files/Manual%20de%20las%203r%20para%20Digital.pdf)
- EPA [Environmental Protection Agency]. (2018, 19 de enero). *Wastes*. Consultado el 19 de enero de 2020. <https://www.epa.gov/report-environment/wastes>.
- Escalona, E. (2014). Daños a la salud por mala disposición de residuos sólidos y líquidos en Dili, Timor Leste. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(2), 270–277.
- Flores, M., & Cabrera, C. (2006). Estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 9(17), 75–84. <https://doi.org/https://doi.org/10.15381/iigeo.v9i17.697>
- Fornieles, J. (2006). *MDL en Rellenos Sanitarios*. <http://www.conama8.conama.or>

- g/modulodocumentos/documentos/JTs/JT9/JT9_ppt_JAntonio Fornieles.pdf
- GAD-M San Pedro de Huaca. (2014). *Actualización plan de desarrollo y ordenamiento territorial del Cantón Huaca*. <https://www.huaca.gob.ec/gadhuaca/images/pdf/LOTAIP2018/PDyOT.pdf>
- Geovial. (2014). *Estudio de Impacto Ambiental*. <https://maeimbabura.files.wordpress.com/2015/04/esia-1403-js-04-via-otavalo-selva-alegre.pdf>
- Geportal IGM [Instituto Geográfico Militar]. (2017). *Capas de información geográficas básica del IGM de libre acceso*. <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/cartografia-de-libre-acceso-escala-50k/>
- Gil, J., & Martínez, M. (2010). Reportes de investigación. *Centro de Investigación y Docencia Económicas*. <http://repositorio-digital.cide.edu/bitstream/handle/1651/1483/000001483.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Goicochea, O. (2015). Evaluación ambiental del manejo de residuos sólidos domésticos en la Habana, Cuba. *SciELO*, 36(3), 263–274.
- González, J. M., & Medina, M. A. (2014). Diseño y evaluación del compostaje como alternativa para el tratamiento de residuos aditivos en la construcción. *Producción + Limpia*, 9(1), 44–62. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552014000100004&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Greenpeace. (2019). *Reciclar no es suficiente*. https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2019/03/reciclar_no_es_suficiente.pdf
- Guasco, J., & Jaramillo, M. (2015). *Obtención de Compost a partir de Activadores Biológicos* [tesis de grado, Universidad de Cuenca]. Repositorio Institucional. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/21723>
- Hernández, M. del C., Aguilar, Q., Taboada, P., Lima, R., Eljaiek, M., Márquez, L., & Buenrostro, 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, S., & Corredor, L. (2016). Reflexiones sobre la importancia económica y ambiental del manejo de residuos en el siglo XXI. *Revista de Tecnología*, 15(1), 57–76. <https://doi.org/10.18270/rt.v15i1.2039>
- Higa, M., & Monzón, P. (2009). *Guía de envases y embalajes*. <http://www.siicex.go>

- b.pe/siicex/documentosportal/188937685rad66DEB.pdf
- Hui, Y., Liao, W., Fenwei, S., & Gang, H. (2006). Urban solid waste management in Chongqing: Challenges and opportunities. *Waste Management*, 26(9), 1052–1062. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2005.09.005>
- INAMHI [Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología]. (2017). *Anuario Meteorológico*. http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf
- INEC [Instituto Nacional de Estadísticas y Censos]. (2010). *Resultados del censo 2010 de población y vivienda en el Ecuador- Fascículo provincial Carchi*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/carchi.pdf>
- INEC [Instituto Nacional de Estadísticas y Censos]. (2011). *Encuesta de Estratificación del Nivel Socioeconómico NSE 2011*. http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/Encuesta_Estratificacion_Nivel_Socioeconomico/111220_NSE_Presentacion.pdf
- INEN [Instituto Nacional de Estadísticas y Censos]. (2014). *NTE INEN 2841. Gestión ambiental. Estandarización de colores para recipientes de depósito y almacenamiento temporal de residuos sólidos*. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu175750.pdf>
- IRR [Iniciativa Regional para el Reciclaje Inclusivo]. (2015). *Reciclaje Inclusivo y Recicladores de Base en el Ecuador*. <https://reciclajeinclusivo.org/wp-content/uploads/2016/04/Reciclaje-Inlcusivo-y-Recicladores-de-base-en-EC.pdf>
- Jácome, M. (2017). *Gestión integral de los residuos sólidos en la planificación territorial del cantón Sigchos* [tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Digital EPN. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20824>
- Jaramillo, J. (2002). *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*. <http://cdam.minam.gob.pe:8080/handle/123456789/294>.
- Jiménez, N. (2015). Residuos sólidos en América Latina: gestión, políticas públicas y conflictos socioambientales. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 17, 29–56. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.17.2015.1627>

- Junta de Andalucía. (2013). *Educación ambiental, residuos y reciclaje*. https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal_web/web/temas_ambientales/educacion_ambiental_y_formacion_nuevo/ecocampus/recapaciaci_universidades/recursos/guia_didactica_edu_amb.pdf
- Karak, T., Bhagat, R. M., & Bhattacharyya, P. (2012). Municipal Solid Waste Generation, Composition, and Management: The World Scenario. *Environmental Science and Technology*, 42(15), 1509–1630. <https://doi.org/10.1080/10643389.2011.569871>
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *What a Waste 2.0 A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. World Bank Group. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>
- Knust, T., & Polo, G. (2018). *Manual Quito a Reciclar*. Quito, Ecuador.
- Larrea, S. (2018). *Caracterización de Residuos Sólidos Urbanos* [sesión de conferencia]. Asociación de Municipalidades del Ecuador, Tulcán, Ecuador.
- López, I., Muñoz, A., & Muñoz, M. (2016). Riesgos biológico y químico en planta de compostaje de ingenio azucarero , Valle del Cauca , Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 7(2), 51–72.
- Luna, M., & Mesa, J. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista Científica Agroecosistemas*, 4(2), 31–40. <https://doi.org/10.16309/j.cnki.issn.1007-1776.2003.03.004>
- MAE [Ministerio de Ambiente del Ecuador]. (2015, 4 de mayo). Acuerdo No. 061. *Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria*. Registro Oficial N° 316. http://190.152.46.74/documents/10179/185880/Acuerdo+061+Reforma+Libro+VI+TULSMA+-+R.O.316+04+DE+Mayo+2015.pdf/3_c02e9cb-0074-4fb0-afbe-0626370fa108?version=1.0
- Mancomunidad Comarca de Pamplona. (2016). *Guía del Reciclaje*. https://www.mcp.es/sites/default/files/emp_actividades_grupos/grupoes/docs/guia-del-reciclaje_2.pdf
- Manuel, V. (2011). *Los caminos del reciclaje* (vol. 2). NED-Ediciones.
- Martínez, F. (2018). *Propuesta de rediseño de macro y micro rutas del sistema de recolección de residuos sólidos de la ciudad de Tulcán* [tesis de grado, Escuela

- Politécnica Nacional]. Repositorio Digital EPN. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20824>
- Merseyside. (2013). *How to recycle right* (pp. 1–3). <https://recycleright.org.uk/wp-content/uploads/2019/12/recycling-guidelines.pdf>
- MINAM [Ministerio del Ambiente Perú]. (2015). *Guía Metodológica para el desarrollo del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales (EC-RSM)* (p. 70). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- MINAM [Ministerio del Ambiente Perú]. (2016). *Contaminación Ambiental causada por los Residuos Sólidos*. http://www.minam.gob.pe/proyecolegios/Curso/curso-virtual/Modulos/modulo2/2Primaria/m2_primaria_sesion_aprendizaje/Sesion_5_Primaria_Grado_6_Residuos_Solidos_Anexo4.pdf
- MITECO [Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico]. (2016). *Introducción a los Modelos de Gestión de Residuos*. https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/gestion/modelo_gestion/
- MMAyA [Ministerio de Medio Ambiente y Agua]. (2010). *Guía para la Implementación , Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios*. <http://www.anesapa.org/wp-content/uploads/2014/12/GuiaRellenosSanitarios.pdf>
- Monje, C. (2011). Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica. *Universidad Surcolombiana*, 1–216. <http://carmonje.wikispaces.com/file/view/Monje+Carlos+Arturo++Guía+didáctica+Metodología+de+la+investigación.pdf>
- Monteiro, J., Mansur, G., & Segala, K. (2006). *Manual de Gestión Integrada de Residuos Sólidos Municipales en Ciudades de América Latina y el Caribe*. http://www.ibam.org.br/media/arquivos/estudos/girs_esp.pdf
- Moreno, J. (2008). *Compostaje*. Mundi-Pren. https://books.google.com.ec/books?id=APuzwas6rrcC&dq=mal+diseño+de+plantas+de+compostaje&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- Muñoz, M. (2008). *Manual de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos*. Impremedios.
- National Geographic. (2018, 23 de enero). *Tipos de plástico según su facilidad de reciclaje*. Consultado el 03 de marzo de 2020. <https://www.nationalgeographic>.

- com.es/ciencia/actualidad/tipos-plastico-segun-su-facilidad-reciclaje_12714/7
slide-6#slide-6#slide-6#slide-6
- ONU [Organización de las Naciones Unidas]. (2017). *Nueva agenda urbana*. <http://urbanhabitat.com.ar/data/PlanearelBarrio.pdf>
- PAHO [Panamerican Health Organization]. (2010). *Ambiente y Salud. Saneamiento Rural y Salud*. <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2010/Sanemiento-Capitulo1.pdf>
- Pervez, A., & Kafeel, A. (2013). Impact of Solid Waste on Health and the Environment. *International Journal of Sustainable Development and Green Economics*, 2(1), 165–168. https://www.researchgate.net/publication/306150450_Impact_of_Solid_Waste_on_Health_and_The_Environment
- Pinto, S. (2007). Valoración de impactos ambientales. *Dirección de División de Medio Ambiente*, 2–22. http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:48150/componente48148.pdf
- Pon, J. (2019). *Instrumentos para la implementación efectiva y coherente de la dimensión ambiental de la agenda de desarrollo*. https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/gestion_de_residuos_-_jordi_pon.pdf
- Pourrut, P. (1995). *El agua en el Ecuador*. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/divers2/010014823.pdf
- Puentestar, M., Valenzuela, C., & Márquez, W. (2019). Condiciones socioeconómicas del cantón San Pedro de Huaca-Ecuador. *Holopraxis Revista de ciencia, tecnología e innovación*, 3(2). <https://www.revistaholopraxis.com/index.php/ojs/article/view/116>
- Puerta, S. (2004). Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos. *Revista Lasallista de Investigación*, 1(1), 56–65.
- Región Houston-Galveston. (2009). *Guía para el reciclaje*. <http://paecu.weebly.com/uploads/3/8/4/8/3848461/reciclaje.pdf>
- Ríos, A. (2009). *Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos* [tesis de grado, Instituto Politécnico Nacional]. <https://doi.org/Tesis de Ingenieria Civil>
- Röben, E. (2002a). *Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios municipales*. <https://www.municipioloja.com>

- Röben, E. (2002b). *Manual de Compostaje para Municipios*. <http://www.bio-nica.info/biblioteca/Roben2002MaualCompostaje.pdf>
- Rodríguez, M., & 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)
- Rollandi, R. (2006). *Características de los Residuos Sólidos Urbanos*. https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/suelos/caracteristicas_fisicas.asp
- Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de Compostaje del Agricultor*. Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Rondón, E., Szantó, M., Pacheco, J., Contreras, E., & Gálvez, A. (2016). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40407-guia-general-la-gestion-residuos-solidos-domiciliarios>
- Sáez, A., Urdaneta, G., & Joheni, A. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Revista Omnia*, 20(03), 121–135. <https://doi.org/10.5860/choice.44-1347>
- Salgado, J. (2012). Residuos sólidos: percepción y factores que facilitan su separación en el hogar. El caso de estudio de dos unidades habitacionales de Tlalpan. *Quivera. Revista de Estudios Territoriales*, 14(2), 91–112.
- Santiago, N., Padilla, R., & Martínez, E. (2017). Estudio del nivel de concientización para la implementación de programa de separación de los residuos sólidos urbanos en el Municipio de Arandas, Jalisco. *Ra Ximhai*, 13(3), 425–438.
- Sasieta. (2017). *¡Reciclar es sencillo!*. https://urretxu.eus/es/component/rsfiles/detail?path=Desarrollo+sostenible%2F00_Guia-separacion-de-residuos.pdf
- SENPLADES [Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo]. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida*. http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf
- Solans, X., & Gadea, E. (2015). *Gestión de residuos: clasificación y tratamiento*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. <https://www.insst.es/>

documents/94886/331130/ntp-1054w.pdf/79c06c7b-984a-4f8f-87cd-3e0af9b8491

SRI [Servicio de Rentas Internas]. (2019). *Resolución Nro. NAC-DGERCG 19-000 00058*. <http://www.pudeleco.com/infos/NACDGERCGC1900000058.pdf>

Tafur, J. (2009, 27 de abril). *Origen, Clasificación y Características de los Residuos Sólidos*. <https://es.slideshare.net/guest4dd34d/cuatro-composicin-de-los-rsu>

Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1994). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. McGraw-Hil.

Tello, P., Campani, D., & Sarafian, D. (2018). *Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos*. Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. <https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/08/Gestion-Integral-de-Residuos-Solidos-Uubanos-Libro-AIDIS.pdf>

Tello, P., Martínez, E., Daza, D., Soulier, M., & Terraza, H. (2011). *Informe de la Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y el Caribe 2010*. Organización Panamericana de la Salud, Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental y Banco Interamericano de Desarrollo. <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>

Universidad Nacional de Colombia. (2014). *Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura*. http://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf

Vásquez, S. (2015). *Planta de compostaje del GAD Municipal San Pedro de Huaca*. San Pedro de Huaca, Ecuador

Zepeda, F. (2010). Tecnologías para residuos sólidos. *Saneamiento Rural y Salud*, 173–193. <http://www.paho.org/hq/dmdocuments/2010/Sanemiento-Capitulo7.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1
FORMATO DE ENCUESTA SOCIOECONÓMICA



ENCUESTA DE ESTRATIFICACIÓN DEL NIVEL SOCIOECONÓMICO
GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL "SAN PEDRO DE HUACA"

Marque con una X la respuesta que considere adecuada a cada una de las siguientes preguntas:

CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA

- ¿Cuál es el tipo de vivienda?
 Departamento en casa o edificio
 Casa/Villa
 Mediagua
 Rancho
 Chozal/Covacha/Otro
- El material predominante de las paredes exteriores de la vivienda es de:
 Hormigón
 Ladrillo o bloque
 Adober/Tapia
 Caña revestida/ Madera
 Caña no revestida/Otros materiales
- El material predominante del piso de la vivienda es de:
 Duela, parquet, tablón o piso flotante
 Cerámica, baldosa, vinil o marmetón
 Ladrillo o cemento
 Tabla sin tratar
 Tierra/Caña/Otros materiales
- ¿Cuántos cuartos de baño con ducha de uso exclusivo tiene este hogar?
 No tiene
 1 cuarto de baño con ducha

- 2 cuartos de baño con ducha
 3 o más

- El tipo de servicio higiénico con que cuenta este hogar es:
 No tiene
 Letrina
 Con descarga directa
 Conectado a pozo ciego/séptico
 Conectado a red pública de alcantarillado

ACCESO A TECNOLOGÍA

- El hogar dispone de:
 Servicio de internet
 Computadora de escritorio
 Computador portátil
- ¿Cuántos celulares activados tienen en este hogar?
 No tiene celular en el hogar
 1 celular
 2 celulares
 3 celulares
 4 o más

POSESIÓN DE BIENES

- El hogar dispone de:



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
INGENIERÍA AMBIENTAL



- Teléfono convencional
- Cocina con horno
- Refrigeradora
- Lavadora
- Equipo de sonido

9. ¿Cuántos TV a color tienen en este hogar?

- No tiene TV a color en el hogar
- 1 TV a color
- 2 TV a color
- 3 o más

10. ¿Cuántos vehículos de uso exclusivo tiene este hogar?

- No tiene vehículo
- 1 vehículo
- 2 vehículos
- 3 o más

HÁBITOS DE CONSUMO

11. Alguien en el hogar:

- Compra vestimenta en centros comerciales
- Ha usado internet en los últimos 6 meses
- Utiliza correo electrónico que no es del trabajo
- Está registrado en una red social
- Ha leído algún libro completo en los últimos 3 meses.

NIVEL DE EDUCACIÓN

12. ¿Cuál es el nivel de instrucción del Jefe del hogar?

- Sin estudios
- Primaria incompleta
- Primaria completa

- Secundaria incompleta
- Secundaria completa
- Educación superior incompleta
- Educación superior completa
- Post grado

ACTIVIDAD ECONÓMICA DEL HOGAR

13. Alguien en el hogar está afiliado o cubierto por:

- Seguro IESS
- Seguro privado

14. ¿Cuál es la ocupación del Jefe del hogar?

- Personal directivo de empresas públicas y privadas
- Profesional científico
- Técnico y profesional de nivel medio
- Empleado de oficina
- Trabajador de servicios y comerciante
- Trabajador agropecuario
- Oficial operario y artesano
- Operador de instalaciones y máquinas
- Fuerzas Armadas/Policia
- Desocupado
- Inactivo

ANEXO 2
FORMATO DE ENCUESTAS POR FUENTE DE GENERACIÓN

Encuesta sector domiciliar

<p>ENCUESTA: MANEJO DE RESIDUOS-SECTOR DOMICILIAR GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL SAN PEDRO DE HUACA</p>	
<p>DATOS BÁSICOS Muestra Número: _____ Nombre: _____ Fecha: _____ Teléfono: _____</p>	
<p>Número de habitantes que ocupan la vivienda # _____</p>	
<p>SEPARACIÓN EN LA FUENTE</p>	
<p>¿Separa usted de alguna forma los residuos? SI <input type="checkbox"/> a) NO <input type="checkbox"/> b)</p>	<p>b) ¿Por qué no separa sus residuos? El tiempo que requiere <input type="checkbox"/> Desconocimiento del tema <input type="checkbox"/> Es muy trabajoso <input type="checkbox"/> Otro _____</p>
<p>a) ¿Cómo separa sus residuos? Orgánicos <input type="checkbox"/> Inorgánicos <input type="checkbox"/> Reciclaje <input type="checkbox"/> *</p>	<p>* ¿Qué materiales recupera? Papel <input type="checkbox"/> Vidrio <input type="checkbox"/> PET <input type="checkbox"/> Latas <input type="checkbox"/> Cartón <input type="checkbox"/> Metal <input type="checkbox"/> Otro _____</p>
<p>Obs. _____</p>	<p>¿Qué material de desecho arroja con más frecuencia a la basura? Papel <input type="checkbox"/> Plástico <input type="checkbox"/> Orgánico <input type="checkbox"/> Cartón <input type="checkbox"/> No aprovechable <input type="checkbox"/> Otro _____</p>
<p>¿En cuántos recipientes almacena sus residuos? Sólo uno <input type="checkbox"/> 2 a 3 <input type="checkbox"/> 4 o más <input type="checkbox"/></p>	<p>¿Qué tipo de recipiente utiliza para almacenar temporalmente sus residuos? Plástico <input type="checkbox"/> Metal <input type="checkbox"/> Cartón <input type="checkbox"/> Solo Funda <input type="checkbox"/> Saco de Yute <input type="checkbox"/> Otro _____</p>
<p>¿Estaría dispuesto a colaborar al manejo de los residuos participando en un programa de separación en la fuente? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p>	<p>Porque _____</p>
<p>RECOLECCIÓN</p>	
<p>¿Recibe el servicio de recolección de residuos? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p>	<p>Si el recolector no pasa por su casa. ¿Cómo dispone los residuos? Arrojan quebrada/terreno <input type="checkbox"/> Quemar <input type="checkbox"/> Entierran <input type="checkbox"/> Abono <input type="checkbox"/> Otro _____</p>
<p>¿Con qué frecuencia entrega al camión recolector sus residuos? 1 vez al día <input type="checkbox"/> 1 vez a la semana <input type="checkbox"/></p>	<p>¿Con qué frecuencia entrega al camión recolector sus residuos? 2 veces a la semana <input type="checkbox"/> 3 veces a la semana <input type="checkbox"/></p>
<p>Califique el servicio de recolección actual Bueno <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/></p>	<p>Porque _____</p>

<p>¿Cuánto paga por el servicio de recolección de basura mensualmente? Menos de 1 dólar <input type="checkbox"/> De 1 a 2 dólares <input type="checkbox"/> De 2 a 3 dólares <input type="checkbox"/> Más de 3 dólares <input type="checkbox"/> No sabe <input type="checkbox"/></p>	<p>Considera que la tarifa que paga por el servicio de recolección es: Adecuada y razonable <input type="checkbox"/> Es excesiva <input type="checkbox"/> Se debe reajustar en base al servicio <input type="checkbox"/> No pago porque no recibo el servicio <input type="checkbox"/> Otro _____</p>
<p>TRATAMIENTO</p>	
<p>¿Cómo maneja sus residuos orgánicos? Realiza abono o compostaje <input type="checkbox"/> Alimento para animales <input type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/></p>	
<p>¿Ha escuchado acerca del compost (abono orgánico)? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p>	<p>¿Le beneficiaría a usted el compost? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Porque _____</p>
<p>¿En su casa, conocen algo sobre el reciclaje de los residuos sólidos? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p>	<p>¿Le interesaría conocer sobre el reciclaje? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Porque _____</p>
<p>DISPOSICIÓN FINAL</p>	
<p>¿Existen basurales por su casa? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> De qué tipo? Quebradas <input type="checkbox"/> Terrenos Baldíos <input type="checkbox"/> Otro _____</p>	
<p>¿Cree usted que el mal manejo de los residuos puede provocar enfermedades? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p>	<p>¿Cree usted que el mal manejo de los residuos puede afectar al ambiente? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p>
<p>¿Sabe usted, cuál es la disposición final de sus residuos? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Lugar: _____</p>	<p>¿Sabe usted, cuál es la disposición final de sus residuos? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p>
<p>Hasta que valor estaría dispuesto a pagar al mes por el manejo de residuos De 1 a 2 dólares <input type="checkbox"/> De 2 a 3 dólares <input type="checkbox"/> Más de 3 dólares <input type="checkbox"/> No sabe <input type="checkbox"/></p>	

Encuesta sector comercial

ENCUESTA: MANEJO DE RESIDUOS-SECTOR COMERCIAL	
GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL SAN PEDRO DE HUACA	
DATOS BÁSICOS	
Muestra Número: _____	Propietario: _____
Tipo de comercio: _____	Teléfono: _____
Dirección: _____	Fecha: _____
Número de trabajadores _____	
El predio se ocupa para: Sólo comercio <input type="checkbox"/> Comercio/Vivienda <input type="checkbox"/>	
SEPARACIÓN EN LA FUENTE	
¿Se separa de alguna forma los residuos? El tiempo que requiere <input type="checkbox"/> Desconocimiento del tema <input type="checkbox"/> Es muy trabajoso <input type="checkbox"/> Otro _____ <input type="checkbox"/>	
SI <input type="checkbox"/> a) NO <input type="checkbox"/> b)	
a) ¿Cómo separa los residuos? Orgánicos <input type="checkbox"/> Vidrio <input type="checkbox"/> Inorgánicos <input type="checkbox"/> PET <input type="checkbox"/> Latas <input type="checkbox"/> Reciclaje <input type="checkbox"/> * Cartón <input type="checkbox"/> Otro _____ <input type="checkbox"/> Metal <input type="checkbox"/>	*¿Qué materiales recupera? Papel <input type="checkbox"/> Vidrio <input type="checkbox"/> PET <input type="checkbox"/> Latas <input type="checkbox"/> Cartón <input type="checkbox"/> Otro _____ <input type="checkbox"/> Metal <input type="checkbox"/>
Obs. _____	
¿En cuántos recipientes almacena sus residuos? Sólo uno <input type="checkbox"/> Papel <input type="checkbox"/> Plástico <input type="checkbox"/> 2 a 3 <input type="checkbox"/> Orgánico <input type="checkbox"/> No aprovechable <input type="checkbox"/> 4 o más <input type="checkbox"/> Cartón <input type="checkbox"/> Otro _____ <input type="checkbox"/>	¿Qué material de desecho arroja con más frecuencia a la basura? Papel <input type="checkbox"/> Plástico <input type="checkbox"/> Orgánico <input type="checkbox"/> No aprovechable <input type="checkbox"/> Cartón <input type="checkbox"/> Otro _____ <input type="checkbox"/>
¿Qué tipo de recipiente utiliza para almacenar temporalmente sus residuos? <input type="checkbox"/> Plástico <input type="checkbox"/> Solo Funda <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Metal <input type="checkbox"/> Saco de Yute <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Cartón <input type="checkbox"/> Otro _____ <input type="checkbox"/>	
¿Estaría dispuesto a colaborar al manejo de los residuos participando en un programa de separación en la fuente? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Porque _____	
RECOLECCIÓN	
¿Recibe el servicio de recolección de residuos? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Porque _____	Si el recolector no pasa por su casa. ¿Cómo dispone los residuos? Arrojan quebrada/terreno <input type="checkbox"/> Queman <input type="checkbox"/> Abono <input type="checkbox"/> Enterran <input type="checkbox"/> Otro _____ <input type="checkbox"/>

¿Con que frecuencia entrega al camión recolector sus residuos? <input type="checkbox"/> 1 vez al día <input type="checkbox"/> 2 veces a la semana <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 1 vez a la semana <input type="checkbox"/> 3 veces a la semana <input type="checkbox"/>	
Califique el servicio de recolección actual Bueno <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/>	
Porque _____	
¿Cuánto paga por el servicio de recolección de basura mensualmente? Menos de 1 dólar <input type="checkbox"/> De 1 a 2 dólares <input type="checkbox"/> De 2 a 3 dólares <input type="checkbox"/> Más de 3 dólares <input type="checkbox"/> No sabe <input type="checkbox"/>	Considera que la tarifa que paga por el servicio de recolección es: Adecuada y razonable <input type="checkbox"/> Es excesiva <input type="checkbox"/> Se debe reajustar en base al servicio <input type="checkbox"/> No pago porque no recibí el servicio <input type="checkbox"/> Otro _____ <input type="checkbox"/>
TRATAMIENTO	
¿Conoce algo sobre el reciclaje de los residuos sólidos? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	¿Conoce algo sobre el compost (abono orgánico)? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
¿Le interesaría aprender sobre estos temas? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Porque _____	
DISPOSICIÓN FINAL	
¿Cree usted que el mal manejo de los residuos puede provocar enfermedades? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	¿Cree usted que el mal manejo de los residuos puede afectar al ambiente? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
¿Sabe usted, cuál es la disposición final de sus residuos? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Lugar: _____	
Hasta que valor estaría dispuesto a pagar al mes por el manejo de residuos De 1 a 2 dólares <input type="checkbox"/> De 2 a 3 dólares <input type="checkbox"/> Más de 3 dólares <input type="checkbox"/> No sabe <input type="checkbox"/>	

Encuesta mercado municipal

ENCUESTA: MANEJO DE RESIDUOS-SECTOR MERCADO GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL SAN PEDRO DE HUACA DATOS BÁSICOS Mercado: _____ Fecha: _____ Personal del Mercado # puestos _____ # _____	
¿En el mercado se separa de alguna forma los residuos? SI <input type="checkbox"/> a) NO <input type="checkbox"/> b)	b) ¿Por qué no separa sus residuos? El tiempo que requiere <input type="checkbox"/> Desconocimiento del tema <input type="checkbox"/> Es muy trabajoso <input type="checkbox"/> Otro _____
a) ¿Cómo se separa los residuos? Orgánicos <input type="checkbox"/> Inorgánicos <input type="checkbox"/> Reciclaje <input type="checkbox"/> * Obs. _____	*¿Qué materiales se recupera? Papel <input type="checkbox"/> PET <input type="checkbox"/> Cartón <input type="checkbox"/> Metal <input type="checkbox"/> Vidrio <input type="checkbox"/> Latas <input type="checkbox"/> Otro _____
¿En cuántos recipientes almacena sus residuos? Sólo uno <input type="checkbox"/> 2 a 3 <input type="checkbox"/> 4 o más <input type="checkbox"/>	¿Qué material de desecho arroja con más frecuencia a la basura? Papel <input type="checkbox"/> Orgánico <input type="checkbox"/> Cartón <input type="checkbox"/> Plástico <input type="checkbox"/> No aprovechable <input type="checkbox"/> Otro _____
¿Qué tipo de recipiente utiliza para almacenar temporalmente sus residuos? Plástico <input type="checkbox"/> Metal <input type="checkbox"/> Cartón <input type="checkbox"/>	¿El almacenamiento temporal de los residuos sólidos ha causado algún problema? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Obs. _____
¿Estaría dispuesto a colaborar al manejo de los residuos participando en un programa de separación en la fuente? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Porque _____	

¿Con qué frecuencia entrega al camión recolector sus residuos? <input type="checkbox"/> 1 vez al día <input type="checkbox"/> 2 veces a la semana <input type="checkbox"/> 3 veces a la semana <input type="checkbox"/> 1 vez a la semana	
Califique el servicio de recolección actual Bueno <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Porque _____	
¿Cómo maneja sus residuos orgánicos? Realiza abono o compostaje <input type="checkbox"/> Alimento para animales domésticos <input type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/>	
¿Ha escuchado acerca del compost (abono orgánico)? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	¿Le beneficiaría a usted el compost? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Porque _____
¿Ha escuchado sobre el reciclaje de los residuos? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	¿Le interesaría conocer sobre el reciclaje? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Porque _____
¿Cree usted que el mal manejo de los residuos puede provocar enfermedades? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	¿Cree usted que el mal manejo de los residuos puede afectar al ambiente? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
¿Sabe usted, cuál es la disposición final de los residuos? SI <input type="checkbox"/> Lugar: _____ NO <input type="checkbox"/>	
En general, ¿Qué problemas existen en el mercado con el manejo de los residuos? _____	

Encuesta sector educativo

ENCUESTA: MANEJO DE RESIDUOS-SECTOR EDUCATIVO	
GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE SAN PEDRO DE HUACA	
DATOS BÁSICOS	
Unidad Educativa: _____	Teléfono: _____
Fecha: _____	Número de alumnos _____
Personal total de la Unidad _____	
¿En la Unidad Educativa se separa de alguna forma los residuos? SI <input type="checkbox"/> a) NO <input type="checkbox"/> b)	b) ¿Por qué no separan los residuos? El tiempo que requiere <input type="checkbox"/> Desconocimiento del tema <input type="checkbox"/> Es muy trabajoso <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>
a) ¿Cómo separa los residuos? Orgánicos <input type="checkbox"/> Vidrio <input type="checkbox"/> Inorgánicos <input type="checkbox"/> PET <input type="checkbox"/> Reciclaje <input type="checkbox"/> * Cartón <input type="checkbox"/> Metal <input type="checkbox"/>	* ¿Qué materiales se recupera? Papel <input type="checkbox"/> Latas <input type="checkbox"/> PET <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> Cartón <input type="checkbox"/> Metal <input type="checkbox"/>
Obs. _____	
¿En cuántos recipientes almacena sus residuos? Sólo uno <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Plástico <input type="checkbox"/> 2 a 3 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Orgánico <input type="checkbox"/> No aprovechable <input type="checkbox"/> 4 o más <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Cartón <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>	¿Qué material de desecho arroja con más frecuencia a la basura? Papel <input type="checkbox"/> Plástico <input type="checkbox"/> Orgánico <input type="checkbox"/> No aprovechable <input type="checkbox"/> Cartón <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>
¿Qué tipo de recipiente utiliza para almacenar temporalmente sus residuos? <input type="checkbox"/> Plástico <input type="checkbox"/> Solo Funda <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Metal <input type="checkbox"/> Saco de Yute <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Cartón <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>	
¿El almacenamiento temporal de los residuos sólidos ha causado algún problema? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	Obs. _____
¿Con que frecuencia entrega al camión recolector los residuos? <input type="checkbox"/> 1 vez al día <input type="checkbox"/> 2 veces a la semana <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 1 vez a la semana <input type="checkbox"/> 3 veces a la semana <input type="checkbox"/>	
Califique el servicio de recolección actual <input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/>	
Porque _____	

¿La Unidad Educativa ha escuchado sobre el compost? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	¿La Unidad Educativa ha escuchado sobre el reciclaje? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
¿Le beneficiaría a usted el compost? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Porque _____	¿Le interesaría profundizar más este tema? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Porque _____
¿Ha recibido alguna capacitación de educación ambiental sobre el tema de residuos en la Unidad Educativa? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
a) ¿Qué entidad impartió la capacitación? GAD Municipal <input type="checkbox"/> GAD Provincial <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>	b) ¿Cree usted que la Unidad requiere de esta capacitación? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Porque _____
¿Estaría dispuesto a colaborar al manejo de los residuos participando en un programa de separación en la fuente y reciclaje dentro de la Unidad Educativa? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Porque _____	
La Unidad ha realizado alguna actividad para mejorar el manejo de los residuos SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Cuál _____	
¿Cree usted que el mal manejo de los residuos puede provocar enfermedades? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	¿Cree usted que el mal manejo de los residuos puede afectar al ambiente? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
¿Sabe usted, cuál es la disposición final de los residuos? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Lugar: _____	
En general. ¿Qué problemas existen en la Unidad Educativa con el manejo de los residuos? _____	

Encuesta subcentros de salud

ENCUESTA: MANEJO DE RESIDUOS-SUBCENTRO DE SALUD	
GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL SAN PEDRO DE HUACA	
DATOS BÁSICOS	
Subcentro de Salud: _____ Fecha: _____	
Personal del Subcentro de Salud	
# _____	Obs. _____
¿El manejo de residuos es diferenciado?	
SI <input type="checkbox"/> a) NO <input type="checkbox"/> b)	
a) ¿Cómo se separa los residuos?	
Comunes <input type="checkbox"/>	Especiales <input type="checkbox"/>
Infecciosos <input type="checkbox"/>	Reciclables <input type="checkbox"/>
Peligrosos <input type="checkbox"/>	Orgánicos <input type="checkbox"/>
Obs. _____	
¿En cuántos recipientes se almacenan los residuos?	b) ¿Por qué no separa los residuos?
Sólo uno <input type="checkbox"/>	El tiempo que requiere <input type="checkbox"/>
2 a 3 <input type="checkbox"/>	Desconocimiento del tema <input type="checkbox"/>
4 o más <input type="checkbox"/>	Es muy trabajoso <input type="checkbox"/>
	Otro _____
¿Qué tipo de recipiente utiliza para almacenar temporalmente los residuos?	¿Qué material de desecho se arroja con más frecuencia a la basura?
<input type="checkbox"/> Plástico <input type="checkbox"/> Solo Funda	<input type="checkbox"/> Papel <input type="checkbox"/> Peligroso
<input type="checkbox"/> Metal <input type="checkbox"/> Saco de Yute	<input type="checkbox"/> Orgánico <input type="checkbox"/> Plástico
<input type="checkbox"/> Cartón <input type="checkbox"/> Otro	<input type="checkbox"/> Cartón <input type="checkbox"/> Otro
¿El almacenamiento temporal de los residuos sólidos ha causado algún problema?	
SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
Obs. _____	
¿Con que frecuencia entrega al camión recolector sus residuos?	
<input type="checkbox"/> 1 vez al día	<input type="checkbox"/> 2 veces a la semana
<input type="checkbox"/> 1 vez a la semana	<input type="checkbox"/> 3 veces a la semana
Califique el servicio de recolección actual	
<input type="checkbox"/> Bueno	
<input type="checkbox"/> Malo	
<input type="checkbox"/> Regular	
Porque _____	
¿Cree usted que el mal manejo de los residuos puede provocar enfermedades?	
SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
¿Cree usted que el mal manejo de los residuos puede afectar al ambiente?	
SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
¿Sabe usted, cuál es la disposición final de los residuos?	
SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
Lugar: _____	
En general. ¿Qué problemas existen en el Subcentro con el manejo de los residuos?	

ANEXO 3
MEMBRETE DE IDENTIFICACIÓN DE COMERCIOS Y VIVIENDAS

Membrete de identificación de viviendas participantes para la semana de muestreo

CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS CANTÓN SAN PEDRO DE HUACA	
Familia:	
# de muestra:	
# habitantes:	
Fecha:	

Membrete de identificación de comercios participantes para la semana de muestreo

CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS CANTÓN SAN PEDRO DE HUACA	
Tipo de comercio:	
# de muestra:	
Fecha:	

ANEXO 4
TRÍPTICO PARA CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS

Reciba un cordial saludo por parte del GAD Municipal "San Pedro de Huaca" y la Escuela Politécnica Nacional, y un profundo agradecimiento por ser parte del proyecto de Caracterización de Residuos Sólidos en beneficio del cantón.

OBJETIVO

Sensibilizar y educar a la comunidad del Cantón San Pedro de Huaca en el tema de separación en la fuente de residuos orgánicos, reciclables y no reciclables, que conlleve al aprovechamiento de los residuos y permita mejorar la calidad de vida de la población y del ambiente.

BENEFICIOS

- ❖ Mejorar la calidad ambiental de la ciudad.
- ❖ Incrementar la recuperación de material reciclable.
- ❖ Reducir los impactos ambientales negativos.
- ❖ Disminuir el uso de recursos naturales.
- ❖ Aprovechar el material orgánico y reciclable.
- ❖ Aumentar la vida útil del relleno sanitario.

RESIDUOS ORGÁNICOS



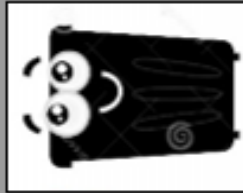
- ❖ Cáscaras de vegetales y frutas.
- ❖ Bolsitas de té
- ❖ Frutas y verduras en mal estado
- ❖ Residuos de café.
- ❖ Cáscaras de huevo
- ❖ Plantas, flores, hojas y ramas.
- ❖ Residuos de poda de césped.
- ❖ Hojas y partes no usadas de verduras.
- ❖ Restos de comida.

RESIDUOS RECICLABLES



- ❖ PAPEL (bond impreso, cuadernos, revistas, periódicos)
- ❖ CARTÓN (cajas, empaques de cereal, tubos de papel higiénico y cocina, bandejas de huevos)
- ❖ TETRA PACK
- ❖ LATAS (enlatados de conservas, atún, anillados de cuaderno, bebidas)
- ❖ VIDRIO (botellas de alimentos, licores)
- ❖ PLÁSTICO (envases de bebidas, yogurt, shampoo, detergentes, fundas plásticas y de leche)
- ❖ Chatarra, ollas y sartenes.

RESIDUOS NO APROVECHABLES



- ❖ Residuos sanitarios (papel higiénico, toallas sanitarias, pañales desechables)
- ❖ Pañuelos desechables.
- ❖ Servilletas usadas.
- ❖ Papel con cinta adhesiva, manchado con grasa, comida o tierra.
- ❖ Plásticos desechables usados para alimentos, como: tarrinas, platos y sorbetes.
- ❖ Tubos de pasta dental.
- ❖ Basura de barrido.
- ❖ Fundas plásticas de PE y PP que son ruidosas al arrugarlas como: snacks, fideos, envolturas de golosinas.

¡¡¡¡RECUERDA!!!!

- ❖ El vidrio depositado no debe estar roto.
- ❖ Los recipientes plásticos deben estar limpios y secos, si es posible compactados.
- ❖ Las latas de aerosol no se deben aplastar.
- ❖ El papel debe estar libre de grasa, restos de comida, no estar quemado
- ❖ Descartar vidrios industriales como: espejos, vidrios planos, lámparas y vidrio pyrex.
- ❖ Las latas de atún, sardina, conservas deben estar limpias y secas.



**¡TU PARTICIPACIÓN
ES IMPORTANTE!**



ESCUELA POLITÉCNICA
NACIONAL

Ingeniería Ambiental



GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

Gobierno Autónomo
Descentralizado Municipal
"San Pedro de Huaca"



**"SEPARACIÓN EN
LA FUENTE"**

Octubre, 2019

ANEXO 5
GUÍA DE CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS PARA UNIDADES EDUCATIVAS Y
SUBCENTROS DE SALUD



ESCUELA POLITÉCNICA
NACIONAL



GAD MUNICIPAL SAN
PEDRO DE HUACA

SEPARA

GESTIÓN DE RESIDUOS
SÓLIDOS URBANOS

... y forma parte del cambio



RESIDUOS RECICLABLES

- ❖ PAPEL (bond impreso, revistas, periódicos)
- ❖ CUADERNOS,
- ❖ CARTÓN
- ❖ TETRA PACK (jugos, leches)
- ❖ LATAS (bebidas)
- ❖ VIDRIO (bebidas)
- ❖ PLÁSTICO (envases de bebidas y yogurt)



RESIDUOS NO APROVECHABLES

- ❖ Pañuelos desechables y servilletas usadas
- ❖ Papel manchado con grasa, comida, tierra.
- ❖ Plásticos desechables usados para alimentos: platos, fundas y sorbetes.
- ❖ Fundas plásticas que son ruidosas al arrugarlas: chitos, papas, galletas, envolturas de golosinas.
- ❖ Basura de barrido.



RESIDUOS ORGÁNICOS

- ❖ Cáscaras y restos de frutas y verduras.
- ❖ Flores, hojas, césped y ramas.
- ❖ Restos de comida



TU COLABORACIÓN ES
IMPORTANTE!!!!



ANEXO 6
MATRICES DE EXTENSIÓN, REVERSIBILIDAD Y DURACIÓN

Matriz de extensión

MATRIZ DE EXTENSIÓN											
Fases de la Gestión de Residuos estudiadas			SEPARACIÓN EN LA FUENTE			TRATAMIENTO	DISPOSICIÓN FINAL				
			Domiciliar y comercial	Unidades Educativas	Mercado	Tratamiento de residuos orgánicos Planta de Compostaje	Descarga de desechos	Cobertura y compactación de desechos	Generación de gases	Generación de lixiviados	Barrera Natural
COMPONENTE	SUB-COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	CALIFICACIÓN								
ABIÓTICO	AIRE	Calidad del aire			2.5	2.5	5	2.5	7.5		7.5
		Emisión de olores	1	1	2.5	2.5	2.5	2.5	5	7.5	7.5
		Nivel de ruido				5	2.5	2.5			
	SUELO	Calidad del suelo				1	5	2.5		7.5	
		Erosión				1		2.5			
		Estabilidad del terreno				1		5			
AGUA	Agua Subterránea				5					1	
	Agua Superficial	5								5	
BIÓTICO	FLORA	Remoción de cobertura vegetal				2.5	2.5	5			2.5
	FAUNA	Alteración de hábitat				2.5	2.5				7.5
		Proliferación de vectores	1	1	1	2.5	5	5			
MEDIO SOCIO-ECONÓMICO	SOCIAL	Calidad de vida y bienestar	1	1	2.5	5			5		10
		Salud y seguridad			1	2.5	5	2.5	2.5	5	5
	ECONÓMICO	Empleo				5	2.5	2.5			
MEDIO ESTÉTICO	PAISAJE	Calidad visual	1		2.5	2.5	5	5			7.5

Matriz de reversibilidad

MATRIZ DE REVERSIBILIDAD											
Fases de la Gestión de Residuos estudiadas			SEPARACIÓN EN LA FUENTE			TRATAMIENTO	DISPOSICIÓN FINAL				
			Domiciliar y comercial	Unidades Educativas	Mercado	Tratamiento de residuos orgánicos Planta de Compostaje	Descarga de desechos	Cobertura y compactación de desechos	Generación de gases	Generación de lixiviados	Barrera Natural
COMPONENTE	SUB-COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	CALIFICACIÓN								
ABIÓTICO	AIRE	Calidad del aire			2.5	5	2.5	2.5	7.5		10
		Emisión de olores	1	2.5	2.5	5	2.5	5	5	7.5	7.5
		Nivel de ruido				1	2.5	2.5			
	SUELO	Calidad del suelo				7.5	7.5	7.5		7.5	
		Erosión				7.5		7.5			
		Estabilidad del terreno				7.5		7.5			
AGUA	Agua Subterránea				7.5					10	
	Agua Superficial	5								5	
BIÓTICO	FLORA	Remoción de cobertura vegetal				7.5	7.5	7.5			7.5
	FAUNA	Alteración de hábitat				7.5	7.5				7.5
		Proliferación de vectores	2.5	2.5	2.5	7.5	5	5			
MEDIO SOCIO-ECONÓMICO	SOCIAL	Calidad de vida y bienestar	1	1	1	5			5		10
		Salud y seguridad			1	1	5	5	5	5	5
	ECONÓMICO	Empleo				7.5	7.5	7.5			
MEDIO ESTÉTICO	PAISAJE	Calidad visual	1		2.5	5	7.5	7.5			10

Matriz de duración

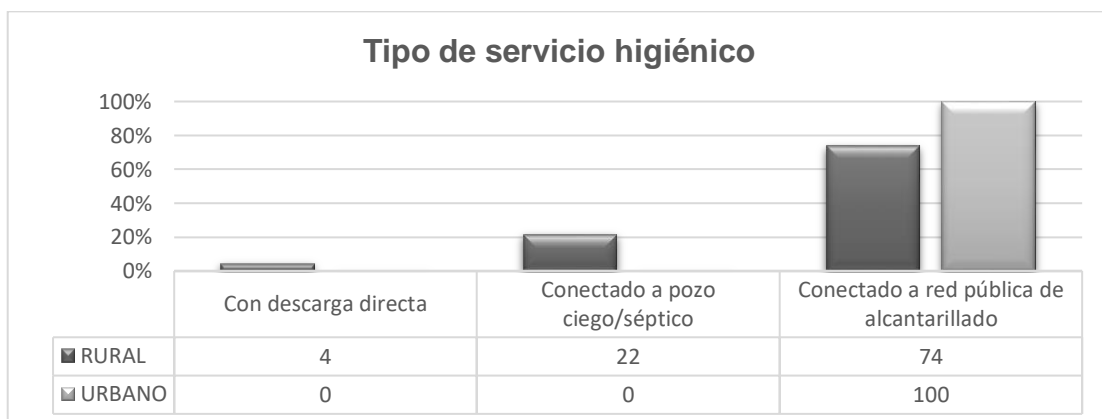
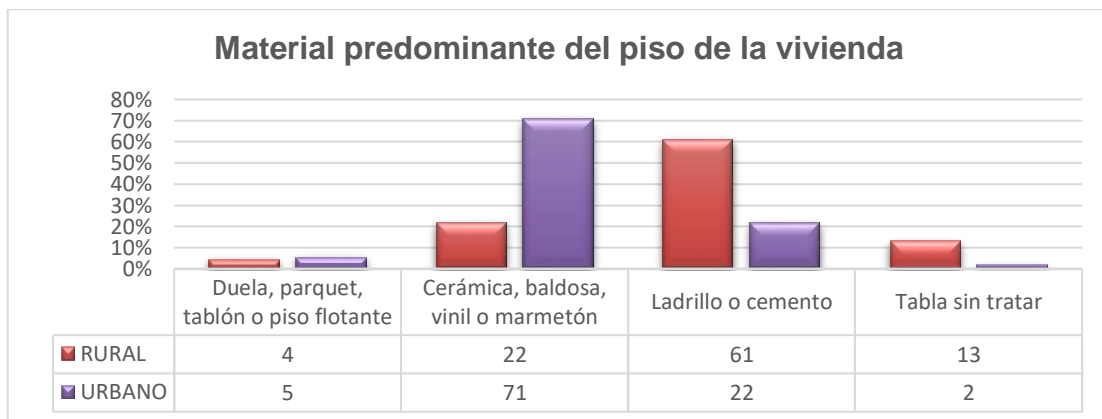
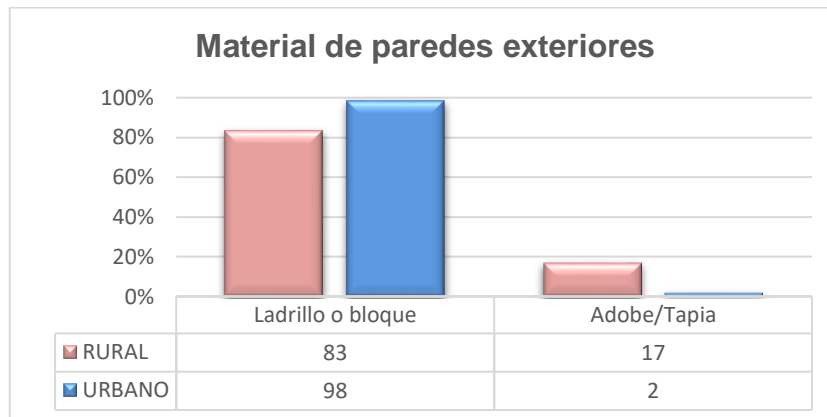
MATRIZ DE DURACIÓN											
Fases de la Gestión de Residuos estudiadas			SEPARACIÓN EN LA FUENTE			TRATAMIENTO	DISPOSICIÓN FINAL				
			Domiciliar y comercial	Unidades Educativas	Mercado	Tratamiento de residuos orgánicos Planta de Compostaje	Descarga de desechos	Cobertura y compactación de desechos	Generación de gases	Generación de lixiviados	Barrera Natural
Componentes Ambientales											
COMPONENTE	SUB-COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	CALIFICACIÓN								
ABIÓTICO	AIRE	Calidad del aire			5	7.5	1	2.5	10		10
		Emisión de olores	1	2.5	7.5	7.5	2.5	2.5	7.5	7.5	7.5
		Nivel de ruido				1	1	2.5			
	SUELO	Calidad del suelo				7.5	5	5		7.5	
		Erosión				7.5		5			
		Estabilidad del terreno				7.5		5			
	AGUA	Agua Subterránea				7.5					5
Agua Superficial		5								5	
BIÓTICO	FLORA	Remoción de cobertura vegetal				7.5	5	5			7.5
	FAUNA	Alteración de hábitat				7.5	5				7.5
		Proliferación de vectores	1	2.5	2.5	5	5	5			
MEDIO SOCIO-ECONÓMICO	SOCIAL	Calidad de vida y bienestar	1	2.5	5	5			5		7.5
		Salud y seguridad		2.5	5	5	2.5	2.5	5	5	
	ECONÓMICO	Empleo				7.5	7.5	7.5			
MEDIO ESTÉTICO	PAISAJE	Calidad visual	1		5	7.5	5	5			10

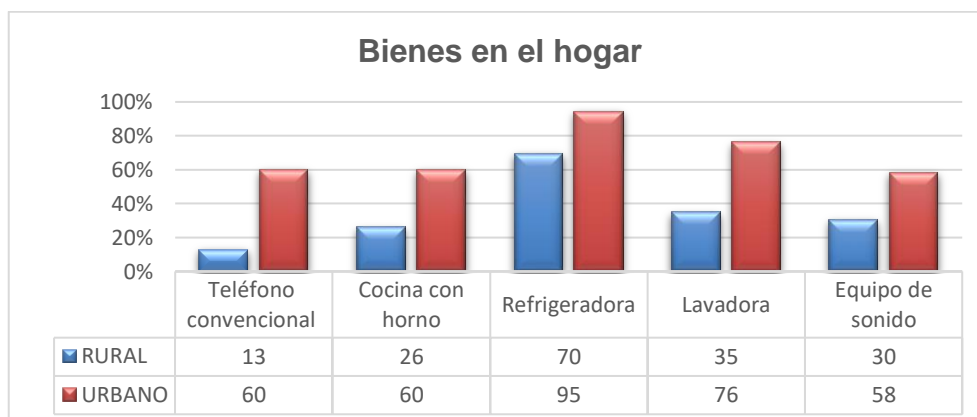
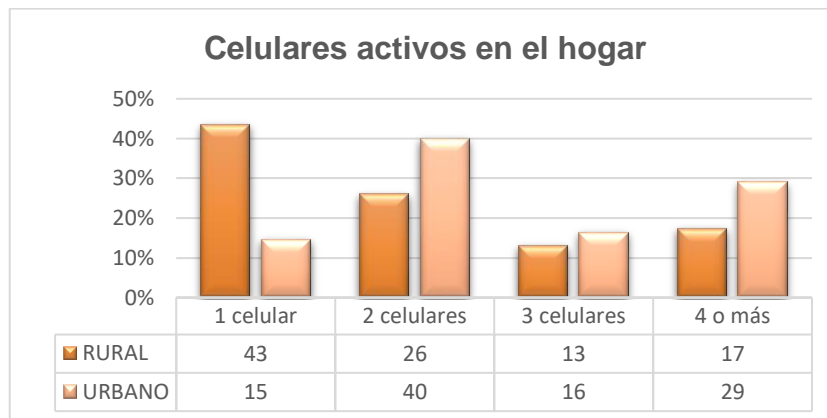
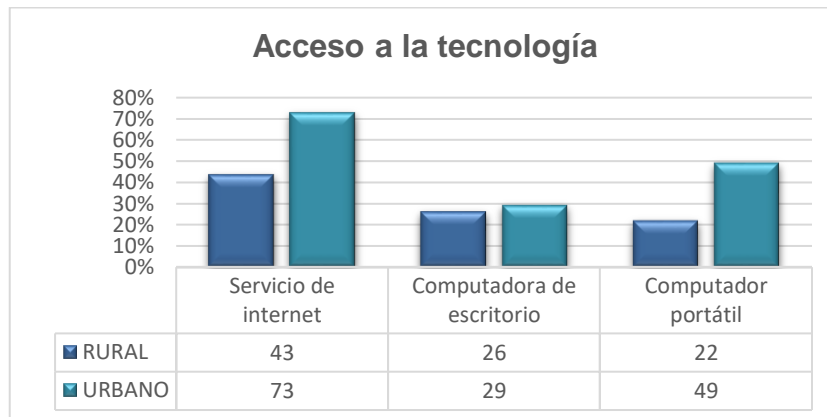
ANEXO 7
PUNTAJES DE ENCUESTA SOCIOECONÓMICA POR VIVIENDA

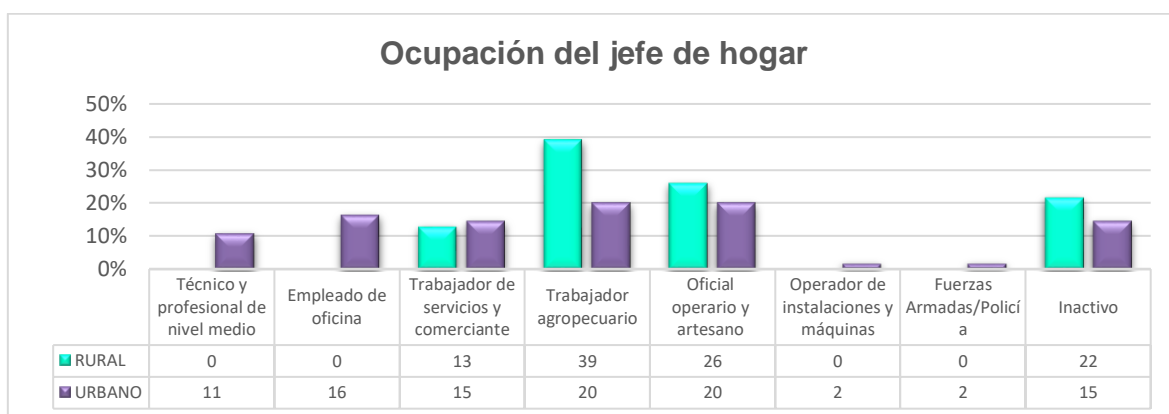
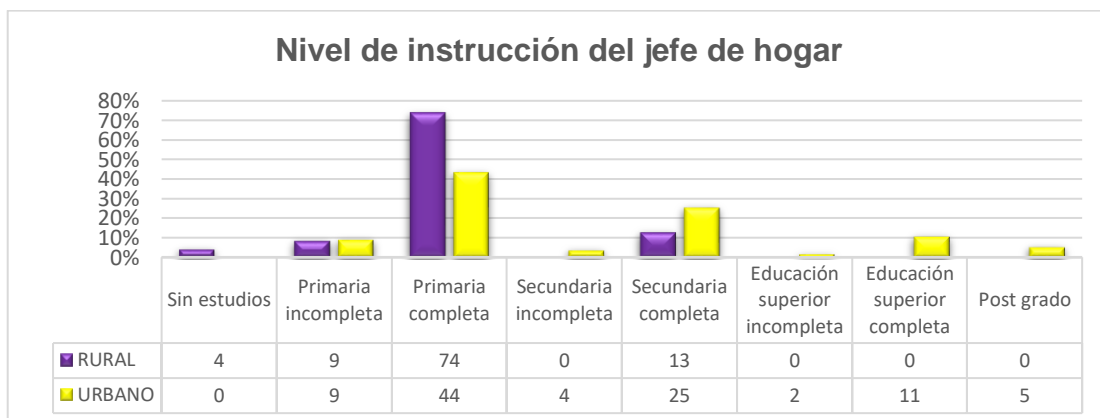
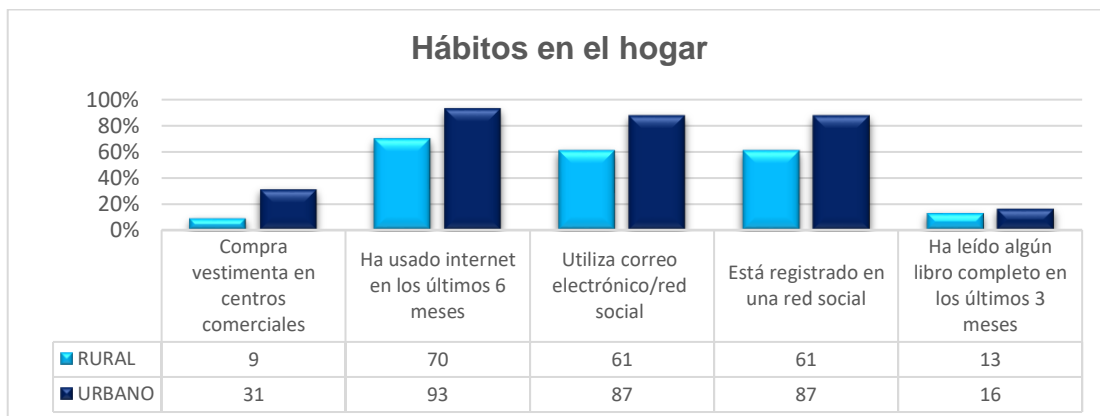
PREGUNTAS	PUNTAJE POR VIVIENDA -SECTOR RURAL																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA																							
¿Cuál es el tipo de vivienda?																							
Casa/Villa	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59
El material predominante de las paredes exteriores de la vivienda es de:																							
Ladrillo o bloque	55	55	55	55	55	55		55	55	55	55	55			55	55	55	55	55		55	55	55
Adobe/Tapia							47						47	47							47		
El material predominante del piso de la vivienda es de:																							
Duela, parquet, tablón o piso flotante													48										
Cerámica, baldosa, vinil o marmetón			46												46		46	46			46		
Ladrillo o cement0	34	34		34	34		34		34	34	34	34		34		34			34	34			34
Tabla sin tratar						32		32															32
¿Cuántos cuartos de baño con ducho de uso exclusivo tiene este hogar?																							
1 cuarto de baño con ducha	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
2 cuartos de baño con ducha													24										
El tipo de servicio higiénico con que cuenta este hogar es:																							
Con descarga directa												18											
Conectado a pozo ciego/séptico								22	22			22	22								22		
Conectado a red pública de alcantarillado	38	38	38	38	38	38	38						38	38	38	38	38	38	38		38	38	38
ACCESO A TECNOLOGÍA																							
El hogar dispone de:																							
Servicio de internet			45	45					45		45		45	45		45	45	45					45
Computadora de escritorio									35				35	35				35	35				35
Computador portátil			39	39									39				39						
¿Cuántos celulares activados tienen en este hogar?																							
1 celular	8	8		8	8	8	8	8		8				8									
2 celulares										22				22						22	22	22	22
3 celulares			32									32											32
4 o más													42			42	42	42					
POSESIÓN DE BIENES																							
El hogar dispone de:																							
Teléfono convencional			19										19			19							
Cocina con horno	29											29		29	29	29	29						
Refrigeradora			30	30	30	30				30			30	30	30	30	30	30	30		30		30
Lavadora			18						18				18		18	18	18	18	18				
Equipo de sonido		18	18										18		18		18	18	18				
¿Cuántos TV a color tienen en este hogar?																							
No tiene TV a color en el hogar										0													
1 TV a color	9	9		9	9	9	9	9	9			9						9	9	9			9
2 TV a color			23									23			23	23	23				23	23	
3 o más													34										
¿Cuántos vehículos de uso exclusivo tiene este hogar?																							
1 vehículo			6											6		6	6	6					
2 vehículos		23											23										
HÁBITOS DE CONSUMO																							
Alguien en el hogar:																							
Compra vestimenta en centros comerciales			6										6										
Ha usado internet en los últimos 6 meses		26	26	26		26	26	26	26	26		26		26	26	26	26	26		26	26	26	
Utiliza correo electrónico que no es del trabajo			27				27	27	27	27		27		27	27	27	27	27		27	27	27	
Está registrado en una red social			28				28	28	28	28		28		28	28	28	28	28		28	28	28	
Ha leído algún libro completo en los últimos 3 meses											12	12					12						
NIVEL DE EDUCACIÓN																							
¿Cuál es el nivel de instrucción del jefe del hogar?																							
Sin estudios			0																				
Primaria incompleta						21								21									
Primaria completa	39	39			39		39	39	39	39	39	39		39		39	39	39	39	39	39	39	
Secundaria incompleta																							
Secundaria completa				65												65							65
ACTIVIDAD ECONÓMICA DEL HOGAR																							
Alguien en el hogar está afiliado o cubierto por:																							
Seguro IESS	39	39	39		39				39	39			39		39	39	39	39	39		39	39	
¿Cuál es la ocupación del jefe del hogar?																							
Trabajador de servicios y comerciante															18	18	18						
Trabajador agropecuario			17		17				17	17			17	17					17	17			17
Oficial operario y artesano	17						17	17				17									17	17	
Inactivo		17		17		17						17										17	
	339	351	583	437	366	281	374	334	487	362	461	255	742	369	558	607	684	618	396	372	461	494	354

A	845.1-1000
B	696.1-845
C+	535.1-696
C-	316.1-535
D	0-316

ANEXO 8
RESULTADOS DE ENCUESTA SOCIOECONÓMICA







ANEXO 9
RUTAS DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS NO APROVECHABLES DEL
CANTÓN SAN PEDRO DE HUACA

**RUTAS DE RECOLECCION DE RESIDUOS INORGANICOS DEL CANTÓN SAN PEDRO DE HUACA Y MARISCAL SUCRE
RECOLECTOR NISSAN**

RUTA No.	DIA	RUTAS DE BARRIOS	HORARIO ENTRADA	HORARIO SALIDA
01	LUNES	Norte Huaca, Centro Huaca, Sur Huaca, San Pedro de Cruz, San Pedro de Redonde, San Francisco, Los Olivos, El Aliso, Juan Bautista, Panamericana, El Mirador, Las Palmas ,01 de Mayo. Llevar al relleno sanitario de Tulcán	07H00	16H00
02	MARTES	Primavera, Picuales Alto, Picuales Bajo, Cuaspud, Timburay, Yamba Alto, San José, El Valle, Pispud.	07H00	14H00
03	MIERCOLES	Norte de Huaca, Centro de Huaca, Sur de Huaca, Pajablanca, Mirador, La Calera, Panamericana, El Rosal, Yamba bajo, Guananguicho Norte, Guananguicho Centro.	07H00	16H00
04	JUEVES	Mariscal Sucre, Solferino, Loma el Centro, Tambo, San Luis, Cuatlis, Guananguicho Sur, Juan Bautista.	07H00	16H00
05	VIERNES	Norte de Huaca, Centro de Huaca, Sur de Huaca, Los Olivos, 01 de Mayo, Picuales Bajo, Picuales Alto, Primavera, Panamericana, Mirador, Los Pinos.	07H00	14H00

ANEXO 10
RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE MANEJO DE RESIDUOS
APROVECHABLES

Porcentaje (%)						
¿Qué tipo de residuo se genera en mayor cantidad?						
Tipo de residuos	SSALU	EDU	MER	COM	URBANO	RURAL
Orgánico			100	17	80	74
Cartón				33		
Plástico		40		25	7	
No Aprovechable		60		17	13	26
Otro	100			8		
¿Ha escuchado acerca del compost (abono orgánico)?						
	EDU	MER	COM	URBANO	RURAL	
SI	20	89	42	93	87	
NO	80	11	58	7	13	
¿Le beneficiaría a usted el compost?						
SI	100	61	58	73	83	
NO		39	42	27	17	
Observaciones del material reciclable						
Se quema				13	50	
Se vende, regala o reutiliza	50	100	100	67	50	
Se mezcla	50			20		
¿Qué materiales recicla?						
Papel	20			17		
PET	40		43	67	100	
Cartón	20	100	57	8		
Latas				8		
Otro	20					
¿Conoce algo sobre el reciclaje de los residuos sólidos?						
SI	100	33	67	84	83	
NO		67	37	16	17	
¿Le interesaría conocer sobre el reciclaje?						
SI	100	100	58	89	87	
NO			42	11	13	
Manejo de residuos orgánicos						
Porcentaje (%)						
	MER	URBANO	RURAL			
Realiza abono	11	22	52			
Alimento para animales	50	51	48			
Ninguno	39	45	30			

ANEXO 11
HOJAS DE CAMPO DEL MUESTREO DE LA CANTIDAD DE RSU EN
FUENTES ESPECÍFICAS

Sector rural

Código de vivienda		HOJAS DE CAMPO-SECTOR RURAL																							
		Peso(kg)																							
		Dia 1		Dia 2		Dia 3		Dia 4		Dia 5		Dia 6		Dia 7											
Org.	No aprov.	Org.	No aprov.	Org.	Rec.	No aprov.	Org.	Rec.	No aprov.	Org.	Rec.	No aprov.	Org.	Rec.	No aprov.	Org.	Rec.	No aprov.							
HRS-01	5	1.110	0.000	0.200	1.300	0.045	0.400	0.875	0.080	0.170	1.200	0.000	0.080	0.710	0.100	0.220	0.700	0.170	0.100	0.700	0.170	0.100	1.100	0.000	0.090
HRS-02	1	0.400	0.000	0.092	0.510	0.500	0.050	0.405	0.610	0.080	0.230	0.020	0.040	0.130	0.095	0.150	0.100	0.045	0.100	0.100	0.045	0.100	0.500	0.000	0.140
HRS-03	5	2.170	0.277	0.300	3.260	0.215	0.335	1.800	0.045	0.300	2.260	0.480	0.560	0.830	0.365	0.369	1.450	0.000	0.395	1.450	0.000	0.395	0.810	0.045	0.255
HRS-04	4	0.310	0.045	0.105	1.500	0.150	0.140	1.325	0.100	0.100	0.600	0.153	0.103	1.245	0.435	0.145	0.820	0.030	0.040	0.820	0.030	0.040	0.450	0.045	0.090
HRS-05	4	3.000	1.150	0.195	1.300	0.450	0.395	1.459	0.319	0.185	0.230	0.020	0.180	2.950	0.115	0.155	1.200	0.045	0.270	1.200	0.045	0.270	1.815	0.155	0.213
HRC-06	1	0.130	0.060	0.050	0.495	0.140	0.210	0.385	0.100	0.085	0.810	0.000	0.230	0.250	0.150	0.045	0.205	0.480	0.220	0.205	0.480	0.220	0.300	0.100	0.195
HRC-07	3	1.800	0.500	0.085	1.285	0.850	0.987	0.935	1.270	0.815	0.880	0.232	0.095	1.580	0.000	0.070	0.895	0.330	0.075	0.895	0.330	0.075	0.400	0.617	0.300
HRC-09	3	0.880	1.145	0.170	0.580	0.435	0.200	1.097	0.085	0.100	0.680	0.090	0.230	0.875	0.065	0.110	0.480	0.315	0.160	0.480	0.315	0.160	0.505	0.400	0.136
HRC-11	4	0.700	0.090	0.115	1.300	0.400	0.365	0.830	0.045	0.105	0.325	0.350	0.420	1.020	0.060	0.225	0.750	0.000	0.430	0.750	0.000	0.430	0.450	0.045	0.195
HRC-12	2	0.500	0.300	0.150	0.905	0.255	0.200	1.172	0.265	0.800	1.070	0.000	0.260	0.615	0.205	0.200	1.000	0.500	0.160	1.000	0.500	0.160	0.645	0.840	0.150
HRGN-13	7	1.363	0.165	0.360	2.810	0.000	0.200	2.730	0.239	0.390	0.495	0.985	0.200	1.705	0.275	0.250	1.800	0.045	0.070	1.800	0.045	0.070	1.775	0.205	0.120
HRGN-14	6	2.000	1.000	1.100	1.670	0.210	0.095	1.500	0.700	0.800	1.170	0.000	0.085	1.040	0.400	0.040	0.620	0.370	0.055	0.620	0.370	0.055	0.690	0.185	0.085
HRGN-15	4	1.585	0.100	0.575	1.700	1.085	0.670	1.035	1.500	0.400	0.900	0.350	0.750	1.370	0.125	0.620	1.500	0.120	0.800	1.500	0.120	0.800	1.645	0.125	0.500
HRGN-16	5	1.023	0.118	0.241	1.005	0.420	0.800	1.010	0.105	0.040	0.980	0.090	0.001	1.482	0.000	0.080	1.435	0.170	0.105	1.435	0.170	0.105	1.185	0.095	0.125
HRGN-17	6	1.565	0.700	1.240	2.370	0.290	0.513	2.280	0.720	0.335	1.500	0.057	0.515	3.645	0.085	0.295	3.790	0.150	0.380	3.790	0.150	0.380	2.350	0.130	0.215
HRGS-18	4	0.858	0.060	0.390	1.078	0.700	0.200	0.932	0.045	0.467	0.635	0.000	0.341	0.450	0.250	0.110	1.000	0.190	0.452	1.000	0.190	0.452	0.545	0.400	0.284
HRGS-19	4	0.520	0.400	0.470	1.132	0.045	0.230	1.062	0.582	0.200	0.330	0.000	0.210	1.320	0.198	0.145	0.785	0.000	0.135	0.785	0.000	0.135	0.275	0.045	0.195
HRGS-20	3	0.705	0.075	0.280	1.500	0.110	0.200	1.460	0.185	0.145	1.300	0.080	0.160	2.455	0.105	0.065	1.065	0.380	0.140	1.065	0.380	0.140	1.515	0.115	0.160
HRGS-21	2	0.345	0.033	0.153	0.500	0.200	0.165	1.072	0.100	0.130	0.870	0.200	0.170	0.700	0.105	0.190	0.645	0.144	0.055	0.645	0.144	0.055	0.600	0.190	0.210
HRGS-22	6	5.000	0.500	1.200	3.573	0.000	0.780	4.335	0.170	0.500	4.000	1.000	0.260	2.500	0.205	0.200	2.750	0.600	0.505	2.750	0.600	0.505	1.230	0.500	0.405
MR-23	6	1.730	0.472	0.130	2.490	1.515	0.100	1.980	0.768	0.200	2.000	0.800	0.105	2.850	0.045	0.185	0.060	0.010	0.035	0.060	0.010	0.035	1.005	0.000	0.155

Sector comercial

Código del comercio	SECTOR COMERCIAL																							
	Día 1			Día 2			Día 3			Día 4			Día 5			Día 6			Día 7					
	RORG	RREC	RNA	RORG	RREC	RNA	RORG	RREC	RNA	RORG	RREC	RNA	RORG	RREC	RNA	RORG	RREC	RNA	RORG	RREC	RNA	RORG	RREC	RNA
C-01	0.080	0.400	0.055	0.000	0.955	0.090	0.060	0.300	0.065	0.040	0.220	0.065	0.130	1.100	0.260	0.000	0.805	0.107	0.000	0.500	0.000	0.500	0.100	0.100
C-02	0.180	0.000	1.500	0.040	2.185	1.090	0.120	0.120	0.400	0.500	0.545	3.810	0.900	0.835	2.305	0.300	0.150	2.500	0.180	0.080	0.080	0.080	7.775	0.100
C-03	0.000	1.000	1.500	0.080	3.010	0.807	0.120	1.157	0.115	0.065	1.800	0.158	0.100	0.265	0.065	0.000	0.520	0.210	0.000	0.350	0.000	0.350	0.140	0.100
C-04	0.120	0.716	0.170	0.000	0.795	0.300	0.085	0.930	0.105	0.195	0.510	0.200	0.085	1.556	0.200	0.000	0.480	0.325	0.100	0.275	0.100	0.275	0.200	0.100
C-05	0.145	0.925	0.100	0.045	1.295	0.075	0.080	0.700	0.120	0.280	0.910	0.185	0.100	0.905	0.075	0.085	0.715	0.130	0.085	0.770	0.085	0.770	0.125	0.100
C-06	0.070	0.220	0.110	0.150	0.635	0.060	0.080	0.715	0.100	0.130	1.070	0.090	0.120	0.165	0.055	0.100	0.245	0.055	0.030	0.045	0.030	0.045	0.085	0.100
C-07	0.000	1.190	0.155	0.000	0.845	0.200	0.040	0.500	0.017	0.065	0.205	0.035	0.125	0.600	0.525	0.120	0.500	0.125	0.000	0.660	0.000	0.660	0.030	0.100
C-08	0.120	0.145	0.800	0.500	0.000	1.005	0.040	0.230	0.805	0.040	0.210	0.185	0.060	0.300	0.870	0.090	0.000	1.195	1.000	0.230	1.000	0.230	0.500	0.100
C-09	3.000	0.240	1.500	5.370	0.325	0.615	4.100	0.350	0.595	3.900	0.845	1.120	3.000	0.090	1.070	5.160	0.900	0.775	11.000	0.800	11.000	0.800	1.260	0.100
C-10	4.000	0.680	0.260	5.400	0.880	0.700	5.600	0.070	0.185	2.500	1.150	0.970	3.500	0.100	0.440	3.205	0.075	0.950	7.000	0.080	7.000	0.080	0.584	0.100
C-11	0.000	1.680	0.015	0.000	2.220	0.065	0.100	1.500	0.050	0.060	0.800	0.120	0.080	1.715	0.030	0.065	0.650	0.040	0.040	0.320	0.040	0.320	0.075	0.100
C-12	0.180	0.110	0.040	0.030	0.040	0.500	0.000	0.300	0.250	0.120	0.750	0.300	0.000	0.500	0.065	0.200	0.000	0.025	0.195	0.600	0.195	0.600	0.125	0.100
TOTAL	7.895	7.306	6.205	11.615	13.185	5.507	10.425	6.872	2.807	7.895	9.015	7.238	8.200	8.131	5.960	9.325	5.040	6.437	19.630	4.710	19.630	4.710	10.999	0.100

Mercado

# Puesto	MERCADO																				
	DÍA 1			DÍA 2			DÍA 3			DÍA 4			DÍA 5			DÍA 6			DÍA 7		
	Org.	Rec.	No Apr.	Org.	Rec.	No Apr.	Org.	Rec.	No Apr.	Org.	Rec.	No Apr.	Org.	Rec.	No Apr.	Org.	Rec.	No Apr.	Org.	Rec.	No Apr.
1	2.300	0.180		18.450	0.265	0.100	5.900	0.525	0.175	17.500	0.550	0.300	2.550		0.100	11.700		0.075	22.700	0.020	0.425
2	3.650	0.580	0.295	9.300	0.045	0.750	2.850	0.065	0.430	7.600	0.115	0.100	7.750		0.260	13.800		0.125	17.000	1.250	0.550
3	15.200		0.250	6.900	0.580	0.050				4.300	0.615	0.265	3.000	0.580	0.300	5.100		0.195	13.350	1.000	0.700
4	5.250		0.240										2.300	0.040	0.140	6.150		0.030	11.200	0.580	2.100
5																			12.050		0.250
6																			0.650	2.900	1.075
7																			13.250		0.140
8																			9.250		0.800
9																			8.350	0.580	0.445
10																			4.000	0.630	0.600
11																			6.000	0.580	0.900
12																			26.950	0.090	1.120
13																			7.975	0.110	0.565
14																			8.000		0.600
15																			5.850	0.355	1.800
16																			0.100	1.600	
17																			0.150	2.400	
18																			7.275		0.700
19																			4.500	0.265	0.500
20																			4.350	0.090	0.355
21																			5.000	0.200	0.600
22																			4.157	0.670	0.400
23																			5.750		0.400
24																			6.000		0.300
TOTAL	26.400	0.760	0.785	34.650	0.890	0.900	8.750	0.590	0.605	29.400	1.280	0.665	15.600	0.620	0.800	36.750	0.610	0.945	203.607	9.570	19.325

Unidades educativas y subcentros de salud

UNIDAD EDUCATIVA MARISCAL SUCRE					
Tipo de residuos	Peso (kg)				
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
RORG	0.1	0.12	0.255	0.2	0.25
RREC	1.05	0.265	0.675	1.325	0.355
RNA	1.48	0.875	0.994	1.65	3.37
TOTAL	2.63	1.26	1.924	3.175	3.975

UNIDAD EDUCATIVA HUACA					
Tipo de residuos	Peso (kg)				
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
RORG	3.035	2.8	3.545	2.575	4.185
RREC	2.825	3.25	2.655	2.976	3.585
RNA	7.055	9.52	10.22	7.835	10.18
TOTAL	12.915	15.57	16.42	13.386	17.95

SUBCENTRO DE SALUD MARISCAL SUCRE					
Tipo de residuos	Peso (kg)				
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
RORG	0.140	0.125	1.205	0.085	0.130
RREC	0.245	0.555	0.165	0.300	0.150
RNA	0.767	0.710	0.340	0.265	0.600
TOTAL	1.152	1.390	1.710	0.650	0.880

SUBCENTRO DE SALUD HUACA							
Tipo de residuos	Peso (kg)						
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
RORG	0.228	0.245	0.200	0.175	0.035	0.300	0.250
RREC	0.500	0.360	0.245	0.545	0.315	0.275	0.350
RNA	1.260	1.550	1.115	1.225	1.015	0.915	1.320
TOTAL	1.988	2.155	1.560	1.945	1.365	1.490	1.920

ANEXO 12
HOJAS DE CAMPO DE DATOS DE LA COMPOSICIÓN DE RSU

Sector comercial y mercado

COMPOSICIÓN RSU MERCADO (%)															
Tipo de residuos	Peso (kg)														
	Día 1	%	Día 2	%	Día 3	%	Día 4	%	Día 5	%	Día 6	%	Día 7	%	%PROM
Orgánico	26.400	94.47	34.650	95.09	8.750	87.98	29.400	93.79	15.600	91.66	36.750	95.94	203.607	87.572	92.36
Papel	0.125	0.45	0.160	0.44	0.165	1.66	0.365	1.16	0.020	0.12	0.000	0.00	0.490	0.211	0.58
Cartón	0.595	2.13	0.680	1.87	0.425	4.27	0.765	2.50	0.600	3.53	0.580	1.51	7.900	3.398	2.74
Tetra Pack		0.00		0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.000	0.01
PET		0.00		0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.530	0.228	0.03
LDPE	0.040	0.14	0.050	0.14	0.000	0.00	0.130	0.41	0.000	0.00	0.000	0.00	0.650	0.280	0.14
Rechazo	0.785	2.81	0.900	2.47	0.605	6.08	0.665	2.12	0.800	4.70	0.945	2.47	19.325	8.312	4.14
TOTAL	27.945	100.00	36.440	100.00	9.945	100.00	31.345	100.00	17.020	100.00	38.305	100.00	232.502	100.000	100.00

COMPOSICIÓN RSU COMERCIOS (%)															
Tipo de residuos	Peso (kg)														
	Día 1	%	Día 2	%	Día 3	%	Día 4	%	Día 5	%	Día 6	%	Día 7	%	%PROM
Orgánico	7.895	36.882	11.615	38.324	10.425	51.855	7.895	32.694	8.200	36.786	9.325	44.827	19.630	55.548	42.42
Papel	0.250	1.168	1.410	4.652	0.450	2.238	1.090	4.514		0.000	0.150	0.721	0.850	2.405	2.24
Cartón	3.370	15.743	6.850	22.602	3.050	15.171	2.450	10.146	4.050	18.169	2.775	13.340	2.350	6.650	14.55
Metal		0.000	0.130	0.429		0.000	0.280	1.160		0.000		0.000	0.145	0.410	0.29
Vidrio		0.000	0.620	2.046		0.000	1.370	5.673	1.566	7.025	0.500	2.404	0.350	0.990	2.59
Tetra Pack		0.000	0.150	0.495	0.240	1.194		0.000	0.180	0.808	0.120	0.577		0.000	0.44
PET	1.056	4.933	0.750	2.475	1.010	5.024	0.950	3.934	0.800	3.589	0.315	1.514	0.205	0.580	3.15
HDPE	0.100	0.467	0.725	2.392	0.460	2.288	0.750	3.106	0.200	0.897	0.220	1.068	0.200	0.566	1.54
PVC		0.000		0.000		0.000	0.280	1.160		0.000		0.000		0.000	0.17
LDPE	2.030	9.483	2.050	6.764	1.360	6.765	1.500	6.212	0.985	4.419	0.960	4.615	0.560	1.585	5.69
PP	0.500	2.336	0.500	1.650	0.302	1.502	0.345	1.429	0.350	1.570		0.000	0.050	0.141	1.23
Rechazo	6.205	28.997	5.507	18.171	2.807	13.962	7.238	29.973	5.960	26.737	6.437	30.944	10.999	31.124	25.70
TOTAL	21.406	100.000	30.307	100.000	20.104	100.000	24.148	100.000	22.291	100.000	20.802	100.000	35.339	100.000	100.000

Sector educativo y subcentros de salud

Tipo de residuos	COMPOSICIÓN RSU SUBCENTROS DE SALUD (%)																											
	Peso (kg)																											
	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5		Día 6		Día 7		%PROM													
	SMS	SH	SMS	SH	SMS	SH	SMS	SH	SMS	SH	SMS	SH	SMS	SH	%	%												
Orgánico	0.14	0.228	0.368	11.72	0.125	0.245	0.370	10.44	1.205	0.2	1.405	42.966	0.085	0.175	0.260	10.019	0.13	0.035	0.165	7.350	0.300	0.300	20.134	0.250	13.021	16.52		
Papel	0.070	0.050	0.120	3.82	0.120	0.075	0.195	5.50	0.055	0.055	0.110	3.364	0.115	0.030	0.145	5.588	0.055	0.070	0.125	5.568	0.035	0.035	2.349	0.065	3.385	4.23		
Cartón	0.130	0.110	0.240	7.64	0.300	0.100	0.400	11.28	0.110	0.140	0.250	7.645	0.100	0.215	0.315	12.139	0.045	0.175	0.220	9.800	0.145	0.145	9.732	0.205	10.677	9.85		
Tetra Pack		0.030	0.030	0.96			0.000	0.00			0.000	0.000	0.085	0.050	0.135	5.202	0.050		0.050	2.227			0.000	0.035	1.823	1.46		
PET	0.045	0.100	0.145	4.62	0.105	0.100	0.205	5.78			0.050	0.050	1.529	0.070	0.070	2.697			0.055	2.450	0.095	0.095	6.376	0.045	2.344	3.69		
LDPE			0.000	0.00	0.030	0.085	0.115	3.24			0.000	0.000	0.050	0.050	0.050	1.927			0.015	0.668			0.000		0.000	0.83		
VIDRIO			0.085	2.71			0.000	0.00			0.000	0.000	0.100	0.100	0.100	3.854			0.000	0.000			0.000		0.000	0.94		
METAL			0.125	3.98			0.000	0.00			0.000	0.000	0.030	0.030	0.030	1.156			0.000	0.000			0.000		0.000	0.73		
Rechazos	0.767	1.26	2.027	64.55	0.71	1.55	2.260	63.75	0.34	1.115	1.455	44.495	0.265	1.225	1.490	57.418	0.6	1.015	1.615	71.938	0.915	0.915	61.409	1.320	68.750	61.76		
TOTAL	1.152	1.988	3.140	100.000	1.390	2.155	3.545	100.000	1.710	1.560	3.270	100.000	0.650	1.945	2.595	100.000	0.880	1.365	2.245	100.000	1.490	1.490	100.000	1.920	100.000	100.000		

Tipo de residuos	COMPOSICIÓN RSU UNIDADES EDUCATIVAS (%)																											
	Peso (kg)																											
	Día 1		Día 3		Día 4		Día 5		%PROM																			
	UH	UMS	UH	UMS	UH	UMS	UH	UMS	%	%																		
Orgánico	3.035	0.1	3.135	20.17	2.8	0.12	2.920	17.35	3.545	0.255	3.800	20.715	2.575	0.2	2.775	16.756	4.185	0.25	4.435	20.228	19.04							
Papel	0.500	0.245	0.745	4.79	0.500	0.090	0.590	3.51	0.320	0.135	0.455	2.480	0.350	0.195	0.545	3.291	0.200	0.150	0.350	1.596	3.13							
Cartón	0.320		0.320	2.06	0.340		0.340	2.02	0.127	0.290	0.417	2.273	0.406		0.406	2.452	0.245	0.075	0.320	1.460	2.05							
Tetra Pack	0.809		0.809	5.20	0.750	0.130	0.880	5.23	1.025	0.150	1.175	6.405	1.005	0.550	1.555	9.390	0.700	0.050	0.750	3.421	5.93							
PET	0.566	0.705	1.271	8.18	0.550	0.045	0.595	3.54	0.568	0.050	0.618	3.369	0.590	0.380	0.970	5.857	0.680	0.080	0.760	3.466	4.88							
HDPE	0.330	0.100	0.430	2.77	0.355		0.355	2.11	0.300	0.300	0.300	1.635	0.425	0.200	0.625	3.774	0.585		0.585	2.668	2.59							
LDPE			0.000	0.00	0.075		0.075	0.45	0.000	0.000	0.000	0.000			0.000	0.000	0.500		0.500	2.281	0.55							
PP	0.100		0.100	0.64	0.550		0.550	3.27	0.215		0.215	1.172	0.200		0.200	0.000	0.375		0.375	1.710	1.36							
PS	0.200		0.200	1.29	0.130		0.130	0.77	0.100	0.050	0.150	0.818	0.200		0.200	1.208	0.300		0.300	1.368	1.09							
Rechazos	7.055	1.48	8.535	54.91	9.52	0.875	10.395	61.76	10.22	0.994	11.214	61.132	7.835	1.65	9.485	57.273	10.18	3.37	13.550	61.802	59.38							
TOTAL	12.915	2.630	15.545	100.000	15.570	1.260	16.830	100.000	16.420	1.924	18.344	100.000	13.386	3.175	16.561	100.000	17.950	3.975	21.925	100.000	100.000							

ANEXO 13
HOJAS DE CAMPO DE DATOS DE LA DENSIDAD DE RSU

Sector domiciliario urbano y rural

HOJAS DE CAMPO DE DENSIDAD RORG DOMICILIAR URBANO										
Día	Peso recipiente (kg)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso del recipiente + RORG (kg)	Peso RORG (kg)	Altura libre del cilindro (cm)	Altura residuos (cm)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	Densidad promedio (kg/m3)
1	8.05	57	44	13.15	5.10	36.00	21.00	0.02	249.83	328.48
2				21.80	13.75	27.00	30.00	0.04	316.97	
3				35.35	27.30	10.00	47.00	0.09	314.66	
4				55.80	47.75	0.00	57.00	0.11	425.29	
5				28.40	20.35	22.00	35.00	0.06	362.49	
6				38.85	30.80	3.00	54.00	0.10	294.39	
7				45.75	37.70	0.00	57.00	0.11	335.77	

HOJAS DE CAMPO DE DENSIDAD RREC DOMICILIAR URBANO										
Día	Peso recipiente (kg)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso del recipiente + RORG (kg)	Peso RORG (kg)	Altura libre del cilindro (cm)	Altura residuos (cm)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	Densidad promedio (kg/m3)
1	8.05	57	44	11.80	3.75	33.00	11.00	0.03	133.60	91.59
2				15.60	7.55	3.00	41.00	0.10	72.16	
3				14.60	6.55	12.50	31.50	0.08	81.49	
4				15.90	7.85	3.00	41.00	0.10	75.03	
5				14.15	6.10	15.00	29.00	0.07	82.43	
6				15.70	7.65	15.00	29.00	0.07	103.38	
7				11.85	3.80	28.00	16.00	0.04	93.07	

HOJAS DE CAMPO DE DENSIDAD RNA DOMICILIAR URBANO										
Día	Peso recipiente (kg)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso del recipiente + RORG (kg)	Peso RORG (kg)	Altura libre del cilindro (cm)	Altura residuos (cm)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	Densidad promedio (kg/m3)
1	8.05	57	44	2.10	1.05	0.00	36.50	0.02	42.09	68.98
2				12.35	4.30	13.00	31.00	0.08	54.36	
3				11.90	3.85	20.00	24.00	0.06	62.86	
4				16.50	8.45	44.00	44.00	0.11	75.26	
5				14.70	6.65	21.00	23.00	0.06	113.31	
6				16.45	8.40	2.00	42.00	0.11	78.38	
7				13.25	5.20	8.00	36.00	0.09	56.61	

HOJAS DE CAMPO DE DENSIDAD RORG DOMICILIAR RURAL										
Día	Peso recipiente (kg)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso del recipiente + RORG (kg)	Peso RORG (kg)	Altura libre del cilindro (cm)	Altura residuos (cm)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	Densidad promedio (kg/m3)
1	8.05	57	44	19.50	11.45	34.00	23.00	0.03	448.71	372.84
2				21.45	13.40	30.00	27.00	0.04	375.09	
3				24.35	16.30	18.50	38.50	0.07	250.50	
4				19.40	11.35	33.00	24.00	0.03	404.35	
5				21.80	13.75	27.00	30.00	0.04	316.97	
6				20.50	12.45	30.00	27.00	0.04	348.50	
7				23.50	15.45	31.00	26.00	0.03	465.74	

HOJAS DE CAMPO DE DENSIDAD RREC DOMICILIAR RURAL										
Día	Peso recipiente (kg)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso del recipiente + RORG (kg)	Peso RORG (kg)	Altura libre del cilindro (cm)	Altura residuos (cm)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	Densidad promedio (kg/m3)
1	8.05	57	44	16.00	7.95	8.00	36.00	0.09	86.54	77.24
2				12.35	4.30	20.00	24.00	0.06	70.21	
3				15.55	7.50	8.00	36.00	0.09	81.64	
4				12.45	4.40	24.00	20.00	0.05	86.21	
5				12.55	4.50	44.00	44.00	0.11	40.08	
6				14.65	6.60	13.00	31.00	0.08	83.43	
7				12.30	4.25	26.00	18.00	0.05	92.53	

ANEXO 14
GUÍA DE RESIDUOS RECICLABLES

REFLEXIONA REDUCE REUTILIZA RECICLA

GUÍA DE RESIDUOS
RECICLABLES

Katherine Fuertes Taticuán

katherine.fuertes@epn.edu.ec



JUSTIFICACIÓN

Los residuos sólidos urbanos (RSU) son un desafío importante para el ambiente y autoridades de grandes y pequeñas ciudades, debido principalmente a su creciente generación y altos costos que representa su gestión (Abdel-Shafy & Mansour, 2018). El problema de estos residuos tiende a agravarse por el sistema económico, crecimiento de la población y cambios en el consumo actual y el uso de productos de corta duración, fabricados con materiales de difícil descomposición (Junta de Andalucía, 2013).

El volumen de residuos ha aumentado en las últimas décadas, tendencias poco sostenibles como la compra de artículos innecesarios y la cultura del “usar y tirar”, sobre todo en material plástico que han provocado un aumento continuo en la cantidad de residuos y una mayor contaminación y degradación del ambiente (Junta de Andalucía, 2013). Sin embargo, la responsabilidad de la contaminación plástica no sólo está en “contaminadores individuales”, sino en compañías contaminantes que deben adoptar soluciones sostenibles y sistemas para detener esta crisis (Greenpeace, 2019).

El agotamiento de los recursos se ve acelerado en los últimos años, debido a la extracción de nuevas materias primas para nuevos productos. Consecuencia del no aprovechamiento de éstos, de la escasa concientización sobre la reducción, reutilización y bajo conocimiento sobre el tema de reciclaje (Buil, 2008).

La Guía de Residuos Reciclables, pretende aportar al cantón San Pedro de Huaca con un material de ayuda que intenta promover una conciencia ambiental responsable en la población, sobre buenas prácticas de reciclaje y consumo responsable. Esta guía contribuirá para mejorar la separación en la fuente en sectores de mayor generación de residuos recuperables, evitando que éstos terminen en el relleno sanitario y a su vez optimizará la gestión de residuos reciclables en el cantón.

INTRODUCCIÓN

La excesiva generación de residuos es uno de los problemas más importantes a los que se enfrentan las sociedades modernas. La cantidad de desperdicios que hay que gestionar para minimizar sus impactos ambientales en el medio suponen un reto que requiere de la implicación de autoridades, empresas y de cada ciudadano; quienes deben asumir la responsabilidad ante este problema (Junta de Andalucía, 2013).

Una gestión adecuada de los residuos se plantea en promover la reducción en la generación, reutilización y reciclaje (ONU, 2017). El Ministerio del Ambiente del Ecuador resalta al reciclaje como una estrategia, que permite recuperar el material apto a ser reincorporado al ciclo productivo y económico, a través de sistemas integrados por centros de acopio, recicladores y empresas pequeñas, medianas y grandes de reciclaje (MAE, 2015).

Es importante lograr cambiar la visión de los residuos como basura, algo inservible, sino contemplarlos como recursos que pueden ser reutilizados y aprovechados como nuevos materiales. Un cambio del modelo hacia uno de desarrollo más sostenible y respetuoso con el ambiente (Junta de Andalucía, 2013)

La guía tiene como objetivo sensibilizar y educar a la comunidad sobre el tema de reciclaje con ideas y acciones que mejoren la calidad del material recuperable y disminuya la cantidad de residuos que se genera. Además, explica de manera sencilla los materiales susceptibles al reciclaje e instrucciones de cómo los generadores deben separar, clasificar y entregar los residuos para ser recuperados.

RECICLAJE

El reciclaje es un proceso de transformación de un material ya desechado, en una materia prima o un nuevo producto, que ingresa al ciclo económico, dándole una segunda vida útil (Mancomunidad Comarca de Pamplona, 2016). El reciclaje ayuda a mejorar la gestión de residuos y tiene varios beneficios como:

- Reducir los impactos ambientales negativos causados.
- Aumento de la vida útil del relleno sanitario al disminuir la cantidad de residuos que terminan en estos lugares.
- Ahorro de materias primas y energía.
- Evita el agotamiento de los recursos naturales.
- Reducción en los costos de disposición final.

(Knust & Polo, 2018).

CADENA DE VALOR DEL RECICLAJE

El reciclaje empieza con la separación en la fuente y almacenamiento temporal desde el generador. Luego los residuos reciclables se recogen y transportan a un centro de acopio donde se clasifican, se acondicionan (valor agregado) y se comercializan para la fabricación de nuevos productos (veáse Figura 1).

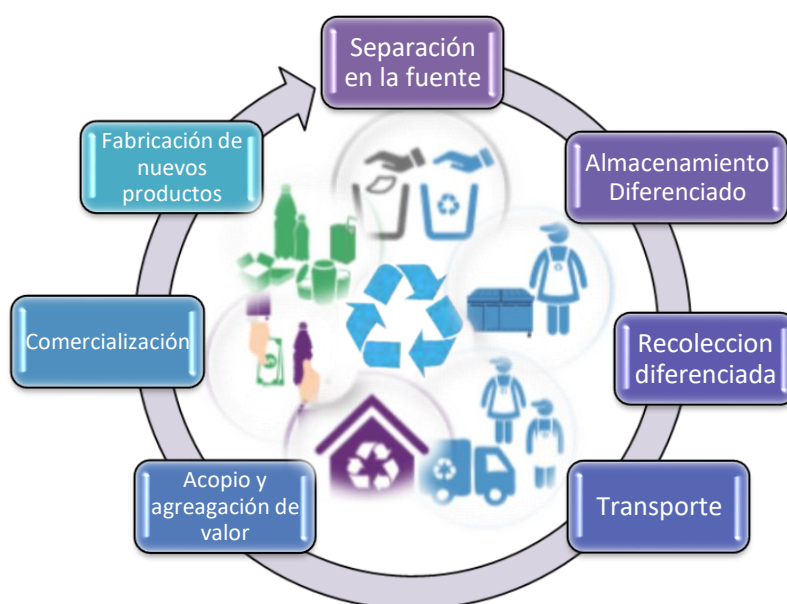


Figura 1. Ciclo del Reciclaje

El reciclaje es un ciclo en el cuál actúan la población y el GAD-M. Hay que cumplir correctamente cada una de las etapas del ciclo para que exista reciclaje. Puesto que, si se cumple una etapa y otra queda sin realizarse, al final no se estaría aprovechando los residuos. Por ejemplo, si existe una adecuada separación de los residuos por parte de la gente y luego se entrega al personal encargado, se estaría cumpliendo con una etapa de este ciclo. La cadena de valor se completaría únicamente si los residuos llegan a manos de una empresa recicladora, en donde los residuos son convertidos en materia prima para la producción de nuevos productos.

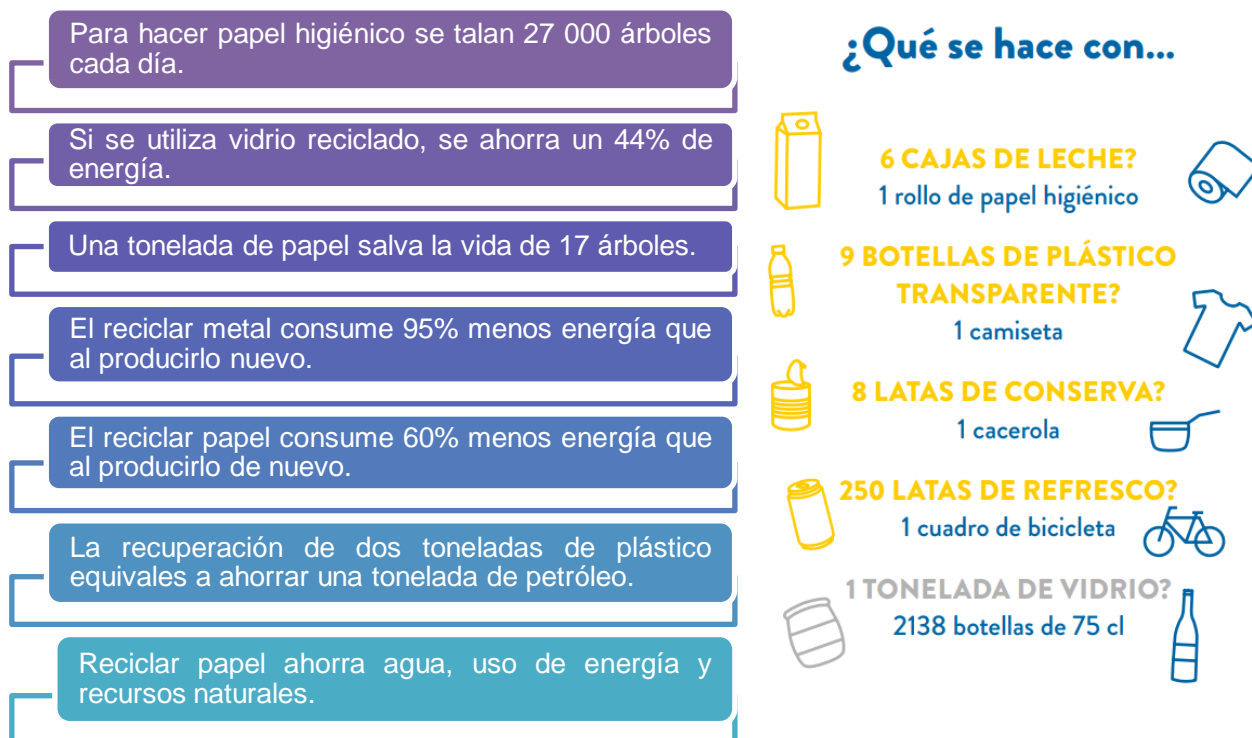
Por el contrario, si existen generadores que realicen una correcta separación y estos no cuentan con una adecuada recolección y no tienen su transformación, el ciclo del reciclaje no se estaría cumpliendo. Por lo tanto, al iniciar campañas de reciclaje es importante contar con el compromiso de la población y autoridades para asumir esta responsabilidad.

¿SABÍAS QUE...

El tiempo de permanencia de algunos residuos en la naturaleza es:



“Todo el mundo piensa en dejar un Planeta mejor para nuestros hijos... cuando lo que debería pensar es en dejar mejores hijos para el Planeta.”



(Región Houston-Galveston, 2009).

RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Los residuos sólidos urbanos (RSU) son aquellos que provienen de actividades domésticas, comerciales, institucionales, de mercados y de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias (Jiménez, 2015).

GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS


El manejo de los residuos sólidos urbanos se encuentra dividido en diferentes etapas: minimización en la generación, separación en la fuente, almacenamiento, recolección, transporte, acopio y/o transferencia, tratamiento y disposición final (MAE, 2015); cada una de estas fases se ha convertido en un desafío para los municipios. La gestión integral de los residuos se debe realizar en función a su jerarquización, para un desarrollo sostenible (véase Figura 2).

Recuerda, el mejor residuo es el que no se produce



Figura 2. Jerarquización de la Gestión de Residuos

La prioridad en la jerarquía es la prevención y minimización de la generación de los residuos, esto implica que el consumidor debe evitar la producción de residuos mediante un consumo saludable y responsable ajustado a sus necesidades reales.



El concepto de REDUCIR es el más primordial, si se reduce el consumo de bienes materiales como energéticos, se está reduciendo la cantidad de residuos y problemas hacia el ambiente. La finalidad es disminuir el gasto de materias primas, agua y bienes de consumo, así como el aporte de CO₂ a la atmósfera y el consumo de energía (EMAC,2017).

REDUCIR

Se debe comprar menos y aplicar ciertos criterios a la hora de elegir lo que se adquiere, algunos consejos para reducir los residuos son:

- Escoger productos cuyo proceso de embalaje o envoltorio no sea excesivo o esté fabricado con materiales que puedan ser reciclados con mayor facilidad.
- Limitar el consumo de productos desechables.
- Evita las fundas de plástico.
- Comprar alimentos a granel ya que disminuye el embalaje.
- Utilizar cubiertos no desechables y servilletas de tela.

- Disminuir el uso de pañales desechables y productos sanitarios para mujeres, busque alternativas.
- Comprar productos de buena calidad que durarán mucho tiempo.
- Utilice pilas recargables.
- Use menos papel de aluminio. Está hecho de una fuente no renovable (bauxita) y no es fácil de reciclar.
- Leer noticias en línea en lugar de comprar periódicos.
- Antes de comprar un producto, pregúntate si realmente lo necesitas. Cualquier consumo innecesario es en esencia antiecológico y antieconómico.
- La gran mayoría de los productos de limpieza que se anuncian no sólo son innecesarios sino también muy nocivos para el medio ambiente. Casi toda la casa puede quedar perfectamente limpia con jabón, bicarbonato, vinagre y limón.
- Rechazar los alimentos envasados en bandejas de poliestireno expandido.
- Rechazar productos de usar y tirar, o que se importen desde lejanos países donde ni las condiciones laborales ni los estándares ambientales estén garantizados.

Es necesario un cambio de mentalidad a la hora de consumir para alcanzar el primero de los retos, el de reducir. Si necesariamente se debe comprar los productos, entonces se recomienda fijarse en sus características: si está hecho de materiales sostenibles y recuperables fácilmente, si la empresa que los vende aplica un comercio justo, si los productos están comprometidos ambiental y socialmente (bienes de bajo impacto ambiental y economía local) (Greenpeace, 2019).

La sociedad deberá ser más consciente a la hora de comprar y replantear sus necesidades evitando consumos innecesarios (Greenpeace, 2019). Llegar a desarrollar el hábito de reducir puede ser logrado mediante la capacitación y concientización (EMAC, 2017).

Siguiendo con la jerarquización se tiene, la recuperación de materiales en un contexto de eficiencia económica y ambiental. Reutilizar y reciclar son factores importantes para ayudar a reducir la demanda de recursos.

Reutilizar es volver a usar un objeto para su fin original u otro diferente, sin someterlo a un proceso de transformación. Es importante recordar que hay productos en casa que ya no se usan, pero pueden ser útiles para otros, y es ahí cuando inicia una nueva vida al producto, prolongando su vida útil (Mancomunidad Comarca de Pamplona, 2016). Al reutilizar se genera menos residuos y se gasta menos recursos agotables (Buil, 2008).



REUTILIZAR

Algunos consejos para reutilizar son:

- Llevar una bolsa de tela o saco de yute para realizar las compras.
- Comprar líquidos en botellas retornables o usar un tomatodo.
- Utiliza el papel por las dos caras.
- Regalar la ropa que ya no se usa.
- Reutilizar los recipientes de vidrio para conservar alimentos, este material puede ser reutilizado entre 30 y 40 veces.
- Convertir ropa vieja, sábanas, toallas y otros paños, en limpiadores para el hogar.
- Realizar trueques ambientales con las personas que conoces o en instituciones.
- Dar durabilidad y buen uso a las cosas que se tiene y reparar las que se rompan.



RECICLAR

El reciclaje consiste en aprovechar los materiales u objetos que la sociedad de consumo ha descartado, para transformarlos en materia prima para la fabricación de nuevos productos (Buil, 2008). El reciclaje necesita de una separación de residuos adecuada, así como también la entrega de material recuperable en óptimas condiciones. Los residuos reciclables y los consejos de su entrega se explican más adelante.

Siguiendo con la jerarquización de la gestión de residuos, se tiene el tratamiento, el cual involucra procesos de transformación ambientalmente aceptables que tienen como objetivo reducir el volumen de los residuos. Finalmente, se encuentra como última alternativa la disposición final de los residuos que comúnmente se

realiza en rellenos sanitarios técnicamente diseñados y operados, para minimizar los riesgos de contaminación ambiental.

Una R más que hay que sumar a las 3Rs es la de Reflexionar, que es examinar nuestros comportamientos habituales para preguntarnos sobre ellos e imaginar nuevas alternativas en nuestra relación con los objetos, con nuestras necesidades y con el consumo (Mancomunidad Comarca de Pamplona, 2016). Comenzar a prestar atención a todo lo que se compra y usa, evitará generar más residuos.



REFLEXIONAR



Su colaboración, experiencia y compromiso son imprescindibles para poner en práctica comportamientos y hábitos eficientes y sostenibles: reducir, reutilizar, reciclar y reflexionar el modelo de consumo de la comunidad. Se debe motivar además en cada uno de los hogares a aplicar estas Rs. Para

disminuir la producción de residuos, cambiar hábitos de consumo, haciéndolos responsables y sostenibles (EMAC, 2017).

Reduce	El mejor residuo es el que no se produce
Reflexiona	Mayor consumo no implica mayor felicidad
Reutiliza	Ahorra dinero dándole nuevo uso a tus residuos
Repara	Alarga la vida útil de tus productos
Rechaza	Productos sobreempaquetados y de un solo uso
Regala	Comparte con otras personas
Recicla	Y da nueva vida a tus residuos
Recuerda	Tú papel es muy importante

Con el fin de aportar a la ciudadanía del cantón San Pedro de Huaca y público en general, se presenta esta guía de residuos reciclables con ejemplos y consejos de cómo se deben entregar el material recuperable y lo que se debe evitar.

Siembra una idea y nacerá una acción; siembra una acción y nacerá un hábito; siembra un hábito y nacerá un carácter; siembra un carácter y nacerá un destino.



Son hidrocarburos que provienen de la rotura molecular de las naftas (sustancias de bajo peso molecular derivadas de la destilación del petróleo). Existen dos grupos, los termoplásticos (85%) y los plásticos termoestables (15%). Los primeros son plásticos que se funden con el calor sin sufrir modificaciones químicas y pueden ser reciclados mecánicamente, los segundos son plásticos rígidos, no pueden ser reciclados mecánicamente y no se funden por el calor porque se producen cambios químicos irreversibles (Buil, 2008). El uso de plásticos ha crecido aceleradamente debido a las propiedades que posee, por ejemplo: flexibilidad, poco peso, tacto agradable, facilidad de moldeo incluso en formas muy complejas, y resistencia a la degradación ambiental y biológica (Higa & Monzón, 2009).

Para facilitar el reciclaje de los plásticos, se identifica a estos mediante un código numérico, introducido por la Sociedad de la Industria de Plásticos (SPI) por sus siglas en inglés (Society of Plastics Industry). Este sistema de etiquetado se utiliza para identificar siete tipos de plásticos (EGLE, 2019). La codificación consiste en un número ubicado en el centro de un área de forma triangular integrado por 3 flechas (símbolo de reciclaje), el símbolo se encuentra generalmente impreso en las etiquetas o en la parte inferior del producto (Buil, 2008).

Cuéntame y olvidaré, muéstrame y recordaré; involúcrame y entenderé.

TIPOS DE PLÁSTICOS

 PET	<p>Poliétileno tereftalato (PET).- es transparente, tiene alta resistencia al desgaste, buena barrera de gas a CO₂, aceptable barrera a O₂ y humedad. Hojuelas y pellets limpios de PET reciclado tienen gran demanda para el hilado de fibra para alfombra, producción de fibra de relleno y geotextiles, conocido como poliéster. Al encenderlo produce llama amarilla, humo negro (hollín) y no gotea. Debido a la degradación del material tiene un número limitado de veces que se puede reciclar.</p>
<p>PEAD, HDPE Poliétileno de alta</p>	 HDPE <p>Es utilizado para elaborar diversos tipos de envases, así como también para productos químicos domésticos e industriales debido a su buena resistencia química; tienen buenas propiedades de barrera y rigidez. Es flexible, al encenderlo produce llama azul sin desprendimiento de humo negro y huele a cera o parafina. En forma de film es transparente y cruje al arrugarlo.</p>
<p>Policloruro de vinilo (PVC) Tiene buena resistencia química a la intemperie, características de flujo y propiedades eléctricas estables.</p>	 PVC <p>No proviene 100% del petróleo. Desprende compuestos clorados, por lo que se dejó de usar en cañerías de agua potable y envases alimenticios. Su presencia es baja. Al calentar un alambre, pinchar el plástico y luego poner a la llama se observará un color verde. Si se somete directamente el plástico desprende humo negro, pero al retirarse se auto extingue.</p>
<p>Poliétileno de baja densidad (PEBD, LDPE) Muy flexible, al encenderlo se produce llama azul sin desprendimiento de humo negro y huele a cera o parafina.</p>	 LDPE <p>Es uno de los más utilizados, generalmente está en forma de film, es transparente, no cruje al arrugarlo, son bolsas de espesores no muy delgados, se deforma al menos el tripe al estirarles y es más brillante que el PEAD.</p>
<p>Polipropileno (PP) Buena resistencia química, es fuerte, tiene un elevado punto de fusión, es rígido.</p>	 PP <p>Es apto para el llenado con líquidos calientes. Al encenderlo se produce llama azul sin desprendimiento de humo negro y huele a cera o parafina. En forma de film es transparente y brillante, muy crujiente al arrugarlo, con espesores muy finos, difíciles de rasgar y estirar.</p>
<p>Poliestireno (PS)</p>	 PS <p>Los más comunes son: el PS cristal y el poliestireno expandible (EPS). En cuanto al PS cristal, es transparente, quebradizo y brillante. Al encenderlo produce llama amarilla y humo negro (hollín). El EPS es un material espumado, derivado del poliestireno y utilizado en el sector del envase y la construcción.</p>
 OTROS	<p>Este código indica que un paquete o envase está elaborado con una resina distinta a las seis anteriores o están compuestas por más de una resina y se utiliza en combinación de múltiples capas. Incluye al poliuretano (PU), acrilonitrilo-butadienoestireno (ABS), policarbonato (PC), resina acetal.</p>

Características:

- Poliamidas: al quemar huelen a uña o pelo quemado y no desprenden humo negro, su llama es azul
- Acrilonitrilo-butadienoestireno (ABS): son muy transparentes, rígidos y duros. Vienen en espesores gruesos.
- Policarbonatos (PC): son muy transparentes, rígidos y duros. Vienen en espesores delgados. Al quemarlos arden con llama amarilla, desprenden humo negro.

(Higa & Monzón, 2009; Manuel, 2011)

Los diferentes tipos de plástico presentan facilidad o dificultad para su reciclaje, en la Tabla 1 se identifica los tipos de plásticos según la facilidad de reciclaje.

Tabla 1. Tipos de plásticos según su facilidad de reciclaje

TIPOS DE PLASTICO SEGÚN SU FACILIDAD DE RECICLAJE	
<p> △ Fácil △ Factible △ Difícil △ Muy difícil </p>	
	<p>Los polímeros termoplásticos, específicamente PET, PEAD, PEBD y PP son los más susceptibles de recuperación y reciclaje ya que pueden ser reconvertidos al calentarse y elaborar fibras sintéticas, tuberías, baldes, entre otros.</p> <p>Se debe evitar plásticos que hayan tenido contacto con productos tóxicos o peligrosos y los que presenten alta contaminación microbiológica.</p>
	<p>PS cristal y EPS si bien se pueden reciclar al igual que los otros termoplásticos, su reciclaje no es rentable debido al costo que representa su limpieza al ser usados con alimentos que se adhieren al recipiente. Se usa en artículos para servicios de alimentos como tazas, vasos, platos, cubiertos, recipientes con bisagras para comida para llevar, bandejas de carnes, envases de alimentos congelados; material de relleno de espuma flex de protección para muebles, aparatos electrónicos y otros objetos delicados.</p>

<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">   </div> <div style="text-align: center;">   </div> </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div>	<p>El PVC es difícil de reciclar, su uso es en: tuberías de agua, desagües, manguera, persianas, vallas, muebles, tarjetas de identificación o de créditos, en juguetes. El PVC provoca lixiviados muy contaminantes y agravan la toxicidad de los humos de combustión ya que se generan dioxinas y furanos.</p> <p>El plástico 7 (Otros) al ser un plástico con más de un tipo de resina incorporado, es aún más difícil de reciclar. Se utilizan en botellas de agua reutilizables de tres y cinco galones, algunas botellas de jugos cítricos. Bolsas de cocción al horno, capas de barrera y el embalaje a medida.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Poliuretano (PU): se emplea como aislante de temperatura, esponjas. ▪ Poliamidas (Nylon): ciertas prendas textiles, cordeles, cuerdas de guitarra, ruedas de patines. ▪ El ABS: empleado en perfiles, tuberías, defensas de automóviles y juguetes. ▪ Policarbonatos (PC): CDs, garrafones de agua, techos.
---	---

Fuente: Higa & Monzón (2009), Manuel (2011), National Geographic (2018)

En la tabla 2 se enuncian varios ejemplos de tipos de residuos que pueden ser reciclados.

Tabla 2. Ejemplos de tipos de plásticos que pueden ser reciclables

EJEMPLOS DE PLÁSTICOS RECICLABLES	
<p>PET</p> <p>Envases para bebidas ligeras, agua, jugos.</p>	
<p>HDPE o PEAD</p> <p>Este plástico es usado en envases para lácteos, agua, jugos, cosméticos, shampoo, detergentes para platos y lavandería y limpiadores domésticos. Bolsas para alimentos, tapas.</p>	
<p>LDPE o PEBD</p> <p>Fundas y envolturas transparentes o pigmentadas. Bolsas para limpieza en hogares, alimentos congelados, productos frescos y residuos domésticos, termo encogibles y película de estiramiento (stretch film) envases flexibles, tapas.</p>	
<p>PP</p> <p>Envases de yogurt, comidas para llevar. Botellas de cosméticos. Tarrinas para microondas, manijas de armarios, envases de shampoo y detergentes, molduras de muebles y vehículos. Bolsas de comida para perro.</p>	

Fuente: Denver (2017), EGLE (2019), Merseyside (2013), National Geographic (2018)



- Envases utilizados para aceites comestibles.
- Las fundas de snacks de PP (crujientes al arrugarlas), generalmente es un material multicapa, lo que dificulta el reciclaje.

¡¡RECUERDA!!

- Los envases deben estar vacíos y limpios.
- Compactar los envases.
- No colocar residuos en el interior de los envases.
- Clasificar por tipo de plástico.
- Al reciclar plástico se puede reducir el uso de petróleo y tener 25% más de espacio en rellenos sanitarios.



El papel y el cartón están compuestos por una estructura de fibras vegetales de celulosa y productos químicos. Las fibras de celulosa del papel se obtienen principalmente de la madera de árboles como el pino y el eucalipto, etc. El reciclaje del papel es posible gracias a la facilidad con que estas fibras de celulosa se deslizan entre sí en un medio acuoso, se disgregan y originan una nueva dispersión como la que generó el papel original (ARC & REPACAR, 2012).

“Debes ser parte del cambio que quieres ver en el mundo”



Papel bond, cuadernos, papel de oficina, libros y revistas.



Papel brillante común en revistas y volantes



Periódicos, directorios telefónicos, papel periódico en general.



- Papel sanitario, pañuelos desechables
- Servilletas sucias
- Papel adhesivo o con cinta adhesiva
- Papel encerado
- Papel sucio, manchado con grasa, comida, tierra.



SERVILLETAS SUCIAS



Una vez manchado con grasa, el papel no se puede reciclar porque las fibras no se pueden separar de los aceites durante el proceso de reciclaje. Los subproductos alimentarios y la grasa pueden causar agujeros, manchas finas y otros daños al producto reciclado (Ecoembes, 2015; EGLE, 2019; Merseyside, 2013; Sasieta, 2017).

¡¡¡RECUERDA!!

- El papel debe estar limpio, en buenas condiciones, debe estar libre de humedad y grasa no deberá tener contaminantes como papel quemado o residuos de comida.
- El papel bond impreso es el más valiosos para reciclar, su valor comercial es mayor.
- El pegamento es un contaminante para el reciclaje de papel
- De preferencia entregar el papel sin grapas y clips.
- No arrugar el papel y retirar cantidades excesivas de cinta adhesiva.

Hay que tener en cuenta, que una misma fibra de celulosa a medida que se va reciclando se deteriora; por lo tanto, no podrá ser reciclada indefinidamente (Merseyside, 2013)



“Hay mil maneras de cambiar el mundo la primera empieza por ti



Cajas plegadas, cartón con reverso blanco o gris, cartón corrugado.



Envases de cartón como cajas de cereales, zapatos, medicinas, etc.



Cartón de huevos, tubos de papel higiénico y toallas de papel, cartulina, carpetas, tapas de cuaderno.

¡¡¡RECUERDA!!!

- El cartón debe estar limpio y en buenas condiciones, libres de humedad.
- De preferencia entregar sin grapas y excesiva cinta de embalaje.
- No cartón de alimentos y bebidas.
- No cartón con grasa, en el caso de las pizzas, puedes cortar la parte superior para reciclar.
- De preferencia aplanar el cartón.



Es un envase mixto que se compone de tres materiales diferentes como es cartón, plástico polietileno y aluminio. Estos materiales están dispuestos en cinco láminas superpuestas. El aluminio se utiliza porque, como es un buen aislante de los gases y de la luz, no permite el deterioro de los alimentos. Afortunadamente en el país

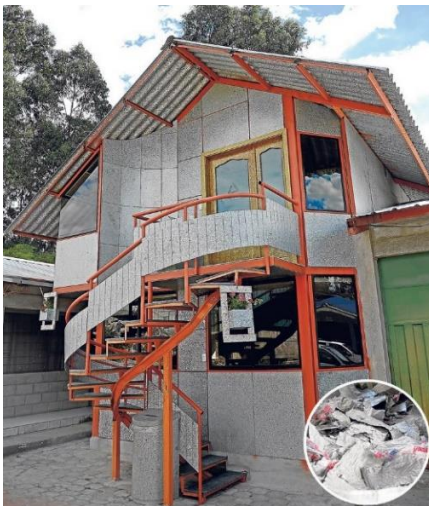
este material es 100% reciclable. Sin embargo, se necesita de la colaboración de la ciudadanía para aprovechar este residuo (Buil, 2008).



Envases de leche, jugos y bebidas.

RECICLAJE DEL TETRAPAK

ECUAPLASTIC es una empresa ecuatoriana pionera en reciclaje de plástico y otros elementos como envases de jugo y leche, laminados de plástico y aluminio (Tetrapak), ABS, para transformarlos mediante procesos limpios y 100% ecológicos en ECOPAK, productos de alta calidad con un sinnúmero de aplicaciones. Los productos ECOPAK como cubiertas y tableros ecológicos son una solución práctica para brindar durabilidad, confort y resistencia.



¡¡¡RECUERDA!!!

- Se deben entregar los envases vacíos y aplastados.

VIDRIO

Es un material que tiene excelentes propiedades como envase, a causa de su estructura iónica, que hace que sus intersticios moleculares sean más pequeños que la mayoría de las moléculas gaseosas (lo cual impide el paso de cualquier gas) (Buil, 2008). La desventaja de este material es que su valor en el mercado es bajo, reduciendo su capacidad de reciclaje. Adicionalmente, las materias primas básicas como arena, caliza y carbonato de sodio, son baratas y fácilmente disponibles (Callister & Rethwisch, 2015).

Es un material relativamente inerte, no biodegradable, los inconvenientes que presenta es su fragilidad y elevado peso (Callister & Rethwisch, 2015). Ejemplos para reciclar son:



Botellas de vidrio (jugos, cervezas, licores, vinos)



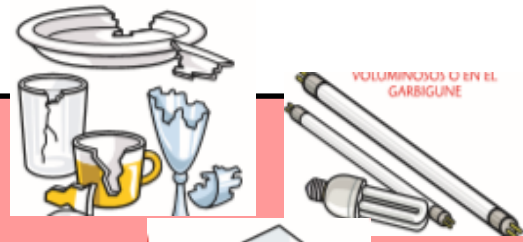
Frascos de vidrio (alimentos)



Otros envases de vidrio (perfume, cremas)



- Espejos y ventanas
- Pyrex
- Vidrios planos, bombillas
- Envases rotos
- Fluorescentes
- Cerámica (restos de vajilla)
- Envases de esmalte de uñas



Estos tipos de vidrio no se funden a la misma temperatura que las botellas y frascos. Si ingresan al proceso de reciclaje, puede resultar como rechazo. Los frascos de esmalte de uñas es difícil quitar el barniz y su tamaño es pequeño por lo que se puede filtrar durante el proceso de reciclaje (Ecoembes, 2015; Merseyside, 2013; Sasieta, 2017).

¡¡¡RECUERDA!!!

- Los envases deben estar vacíos, limpios y secos.
- Las botellas de vidrio son 100% reciclables.
- El vidrio es frágil y cortante. Se debe tener mucho cuidado en su manejo y no se debe entregar roto.
- De preferencia separar por colores: transparente, ámbar, verde.
- El reciclaje del vidrio conserva espacio en rellenos sanitarios.



Los metales se extraen de los minerales y este proceso suele representar un gasto energético y un impacto ambiental (Manuel, 2011). El reciclado del metal representa

hoy en día una actividad totalmente normal, técnicamente viable y rentable. El reciclaje y recuperación de los metales también es un proceso contaminante, aunque en menor medida que la producción del metal nuevo. Los metales, se diferencian en dos grandes grupos, como se muestra en la tabla 3.

TIPOS DE METALES	
<p>Metales ferrosos: su principal característica es que pueden ser separados por sus propiedades magnéticas. Los que destacan son: hierro y acero.</p>	
<p>Ejemplos: utensilios de cocina, envases de comida (enlatados de conservas, atún, frutas y vegetales), electrodomésticos. Chatarra industrial y estructural, aparatos eléctricos, anillados de cuadernos, latas de pintura, varillas de construcción.</p>	
	
<p>Metales no ferrosos: no tienen propiedades magnéticas. Suelen ser metales de alto valor económico como: aluminio, cobre, bronce y plomo. Las latas de bebidas generalmente están hechas de aluminio y las latas de alimentos están hechas de acero.</p>	
<p>Ejemplos: latas de bebidas que son la principales fuente de reciclaje de aluminio, ollas, sartenes, utensilios. Perfiles de ventanas, radiadores de automóviles. Envases de productos, desodorantes, protector solar, ambientadores. Tapas de frascos y botellas.</p>	
	

Otros ejemplos: alambre conductor de cables eléctricos, bobinas, tuberías, válvulas, serpentines y aletas refrigerantes. Grifería, candados, campanas, llaves. Baterías, soldaduras.

Fuente: Ecoembes (2015), EGLE (2019), Merseyside (2013)

¡¡¡RECUERDA!!!

- Las latas de alimentos deben estar vacías y limpias.
- Separa el plástico del metal, ejemplo: cables eléctricos.
- Los metales son 100% recuperables y tienen altos valores en el mercado.
- Las latas de aerosol deben estar completamente vacías y no se deben aplastar porque pueden explotar.
- La película plástica metálica, como los envoltorios de chocolate, no se puede reciclar.
- El aluminio y acero pueden ser reciclados continuamente para crear nuevos productos.
- Reciclar metal reduce la emisión de gases de efecto invernadero y las consecuencias de la minería.

La clave de la recuperación de material reciclable está en la separación y limpieza de los residuos, por eso, es tan importante crear un nuevo hábito en cada uno de nuestros hogares para no generar desechos sino residuos limpios y correctamente separados.



“En un planeta sin agua, sin tierras fértiles, sin árboles, sin aire puro, es imposible la vida, por ello es tan importante que conservemos el ambiente para las generaciones futuras”

ANEXO 15
CÁLCULOS DEL ÁREA Y VOLUMEN DEL LUGAR DE ACOPIO PARA
RESIDUOS RECICLABLES

Para calcular el área necesaria de un centro de acopio para acumular los residuos de una semana, primero se determinó la cantidad diaria de residuos reciclables. Se consideró el porcentaje de composición de los residuos y el valor de la generación diaria de residuos en el 2025 igual a 5230.84 kg/día.

Residuos Reciclables	Composición de residuos reciclables (%)	Generación diaria de residuos 2025 (kg/día)	Cantidad diaria de residuos reciclables 2025 (kg/día)
Cartón	4.26	5230.84	222.8
Papel	2.22	5230.84	116.1
Vidrio	1.56	5230.84	81.6
Metal	0.66	5230.84	34.5
Tetrapak	0.65	5230.84	34.0
PET	2.12	5230.84	110.9
HDPE	1.14	5230.84	59.6
LDPE	1.24	5230.84	64.9
PP	0.77	5230.84	40.3

Ejemplo de cálculo para el cartón:

$$\text{Cantidad semanal} = \text{Cantidad diaria} * 7$$

$$\text{Cantidad semanal} = 222.83 \frac{\text{kg}}{\text{día}} * 7 \text{ días}$$

$$\text{Cantidad semanal} = 1559.8 \text{ kg}$$

$$V_{\text{semanal}} = \frac{\text{Cantidad semanal}}{\text{densidad del cartón}}$$

$$V_{\text{semanal}} = \frac{1559.8 \text{ kg}}{63.56 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 24.5 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{semanal}} = A_{\text{semanal}} * \text{altura}$$

Se considera una altura de 2.5 m

$$A_{\text{semanal}} = \frac{24.5 \text{ m}^3}{2.5 \text{ m}} = 9.8 \text{ m}^2$$

$$A_{semanal} = a * L$$

Donde:

$A_{semanal}$: Área semanal

a : Ancho

L : Largo

Si

$$L = 2a$$

$$A_{semanal} = a * 2a$$

$$\sqrt{\frac{A_{semanal}}{2}} = a$$

$$a = \sqrt{\frac{9.8 \text{ m}^2}{2}} = 2.2 \text{ m}$$

$$L = 2(2.2 \text{ m}) = 4.4 \text{ m}$$

Para el área total 35.6 m^2 se tiene un largo y ancho igual a:

$$a = \sqrt{\frac{35.6 \text{ m}^2}{2}} = 4.2 \text{ m}$$

$$L = 2(4.2 \text{ m}) = 8.4 \text{ m}$$

ANEXO 16
DIMENSIONES DE LA ZONA DE PRODUCCIÓN DEL COMPOST

ANEXO 17
HOJA DE CONTROL DEL PROCESO DE COMPOSTAJE

Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Parámetros												
TEMPERATURA												
Referencia	15-45°C	15-45°C	45-65°C	45-65°C	15-45°C	15-45°C	15-45°C	15-45°C	15-45°C	15-45°C	< 45°C (~T ambiente)	
pH												
Referencia	4-6.5	4-6.5	8-9	8-9	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8	7-7.5	
HUMEDAD												
Referencia	50-60%	50-60%	45-55%	45-55%	45-55%	45-55%	45-55%	45-55%	45-55%	45-55%	30-40%	
ASPECTO												
Referencia aspecto visual												

ANEXO 18
CÁLCULOS DEL ÁREA NECESARIA PARA UN RELLENO MANUAL

Para calcular el área necesaria para un relleno sanitario manual se tomaron los siguientes datos:

- Población total del cantón Huaca= 8581 habitantes
- Generación per cápita total= 0.547 kg/hab*día
- Tasa de crecimiento poblacional= 1.19%
- Valor de densidad para residuos compactados en relleno manual = 0.5 t/m³
- Valor de densidad de los residuos sólidos estabilizados en el relleno manual= 0.6 t/m³
- Tasa de crecimiento de producción de desechos (hab/día*año) = 1%
- Se considera una cobertura de recolección= 90%, debido a que no se recogen los residuos en lugares del cantón donde los caminos son de 3er y 4to orden, lo que dificulta el acceso.

Se determina la generación diaria de residuos según la cobertura de recolección.

$$\text{Cantidad diaria de residuos} = GPC_{TOTAL} * P_T * \%Recolección$$

$$\text{Cantidad diaria de residuos} = 0.547 \frac{kg}{hab * día} * 8581 hab * 90\% = 4224.4 \frac{kg}{día}$$

$$\text{Cantidad anual de residuos} = 4224.43 \frac{kg}{día} * \frac{365 días}{año} * \frac{1 t}{1000 kg} = 1542 \frac{t}{año}$$

Se determina el volumen de desechos compactados utilizando la cantidad de anual de residuos y la densidad de residuos compactados en un relleno manual (ρ).

$$V_{desechos compactados} = \frac{\text{Cantidad anual de residuos}}{\rho \text{ de residuos compactados en un relleno manual}}$$

$$V_{desechos compactados} = \frac{1542 \frac{t}{año}}{0.5 \frac{t}{m^3}} = 3084 \frac{m^3}{año}$$

Se determina el volumen de desechos anual estabilizado usando la cantidad de anual de residuos y la densidad de residuos estabilizados en un relleno manual.

$$V_{\text{desechos estabilizado}} = \frac{\text{Cantidad anual de residuos}}{\rho \text{ de residuos estabilizados en un relleno manual}}$$

$$V_{\text{desechos estabilizado}} = \frac{1542 \frac{t}{\text{año}}}{0.6 \frac{t}{m^3}} = 2570 \frac{m^3}{\text{año}}$$

El material de cobertura (mc), que es la tierra necesaria para cubrir los residuos recién compactados, se determina con el volumen de desechos compactados por 20%.

$$mc = V_{\text{desechos compactados}} * 0.2 = 3084 \frac{m^3}{\text{año}} * 0.2 = 617 \frac{m^3 \text{ de tierra}}{\text{año}}$$

Para determinar el volumen del relleno sanitario, se suma el volumen estabilizado y el material de cobertura.

$$V_{RS} = V_{\text{desechos estabilizados}} + mc$$

$$V_{RS} = 2570 \frac{m^3}{\text{año}} + 617 \frac{m^3}{\text{año}} = 3187 \frac{m^3}{\text{año}}$$

Para el cálculo del área requerida, se divide el volumen del relleno sanitario para la altura del relleno (se usa una profundidad promedio de 5 metros).

$$A_{RS} = V_{RS} / h_{RS}$$

A_{RS} : Área necesaria del relleno sanitario manual (m^2)

V_{RS} : Volumen necesario para el relleno sanitario manual (m^3)

h_{RS} : Altura del relleno sanitario manual (3 a 6) (m)

$$A_{RS} = \frac{3187 \frac{m^3}{\text{año}}}{5 m} = 637 \frac{m^2}{\text{año}}$$

El área total, será el área del relleno sanitario por un factor de aumento de las áreas adicionales (30%).

$$A_T = 637 \frac{m^2}{\text{año}} * 1.3 = 829 \frac{m^2}{\text{año}}$$

ANEXO 19
REGISTRO FOTOGRÁFICO

DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN ACTUAL**Separación en la fuente**

Recorrido por las calles del cantón Huaca en horario de recolección



Recorrido en en vehículo recolector



Unidades educativas



Mercado municipal



Barrido



Tratamiento de residuos orgánicos



Disposición final



Visita y toma de coordenadas a rellenos más cercanos



Afiches y entrega de punto ecológico del GAD-M a la Unidad Educativa Huaca



CARACTERIZACIÓN DE RSU

Encuestas



Capacitación



Recolección



Peso de las muestras



Composición de los RSU



Densidad de los RSU

Llenado de residuos en el recipiente



Peso de residuos reciclables



Caída desde una altura de 10 cm por tres veces

