

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERIA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE GAS METANO
EN LOS SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS
SÓLIDOS EN ECUADOR**

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

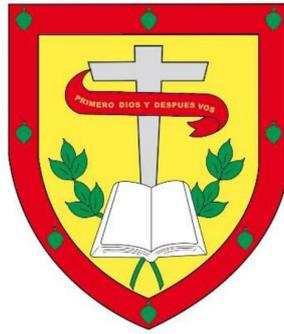
AUTOR: JESSICA DANIELA ZHICAY GÓMEZ

DIRECTOR: ING. JOSÉ LUIS SOLANO PELÁEZ

CUENCA - ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE GAS METANO EN LOS
SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN
ECUADOR**

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

AUTOR: JESSICA DANIELA ZHICAY GÓMEZ

DIRECTOR: ING. JOSÉ LUIS SOLANO PELÁEZ

CUENCA - ECUADOR

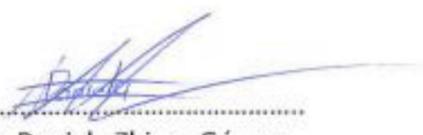
2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Jessica-Daniela Zhicay Gómez portador de la cédula de ciudadanía N° 010749777-8. Declaro ser el autor de la obra: "Estimación de la producción de gas metano en los sitios de disposición final de residuos sólidos en Ecuador", sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 28 de marzo de 2024

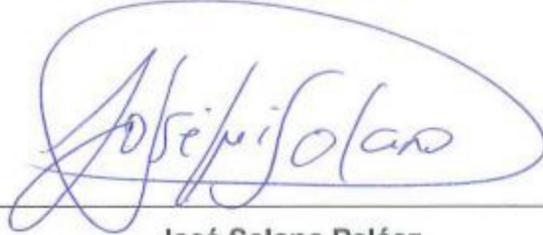
F: 

Jessica Daniela Zhicay Gómez

010749777-8

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Jessica Daniel Zhicay Gómez, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, reading "José Solano Peláez", is enclosed within a large, hand-drawn oval. The signature is written in a cursive style with some loops and flourishes.

José Solano Peláez

DIRECTOR

DEDICATORIA

Con profundo amor y dedicación, dedico este proyecto a mi familia:

A mi madre, Ruth Patricia Gómez Peláez, mi compañera y pilar durante este ciclo académico. Su apoyo incondicional ha sido esencial para alcanzar mis sueños y metas.

A mi padre, Marco Gonzalo Jaya Muy, figura fundamental en este logro. Su confianza y cariño me han dado la fuerza para seguir mis estudios.

A mi hermano, Kevin Ismael Jaya Gómez, con quien he compartido mis logros académicos y mi vida. Agradezco su gran hermandad y su constante presencia a lo largo de este camino.

A mi abuelita, María Peláez, por su apoyo constante, motivación y cuidados durante este proceso. Su presencia ha sido un pilar en mi trayecto.

A mis fieles compañeros, Valentín y Kira, por su incondicionalidad, brindándome calma y consuelo en los momentos difíciles, además de ser mi compañía constante a lo largo de estos años.

A la valiente Daniela que nunca renunció a sus sueños, que enfrentó el futuro con temor, recuerda con certeza: **Siempre alcanzarás aquello que te propongas.**

Esta tesis es un modesto tributo a todos ustedes, quienes han sido parte esencial de mi crecimiento académico y personal.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi profundo agradecimiento al proyecto Waste Methane Assessment Platform (Waste MAP) y al proyecto "Fortalecimiento de las capacidades municipales para la gestión de residuos sólidos a través de sistemas de basura cero" de la Universidad Católica de Cuenca, junto con la CATF (ONG), la Universidad Andina Simón Bolívar de Bélgica y la KU Leuven, por brindarme la oportunidad de participar en esta significativa labor de investigación. Esta experiencia ha sido fundamental para el desarrollo de mis habilidades y conocimientos en el ámbito de la gestión de residuos sólidos.

Especialmente, quiero agradecer a mi tutor, el Ing. José Luis Solano Peláez director del proyecto "Fortalecimiento de las capacidades municipales para la gestión de residuos sólidos a través de sistemas de basura cero" por su inestimable orientación y apoyo a lo largo de este proyecto. Su conocimiento, experiencia y paciencia fueron fundamentales para el desarrollo de mi investigación.

A mis amigos y compañeros de universidad, les agradezco por su respaldo, compañerismo y alegría compartida. Han sido una parte esencial de mi vida durante estos años.

Por último, mi reconocimiento a la Universidad Católica de Cuenca por su dedicación a la investigación y la educación en el ámbito de la sostenibilidad.

Esta tesis no habría sido posible sin el respaldo de cada uno de ustedes. Mi más sincero agradecimiento.

RESUMEN

El presente estudio busca estimar la producción de metano (CH₄) generados por los desechos y/o residuos sólidos urbanos (RSU) en el Ecuador a nivel cantonal en función de los sitios de disposición final (SDF) en los que son depositados, utilizando el modelo Corenostós y representados en sistemas de información geográfica, siendo fundamental por el potencial contaminante de este gas. Al obtener las cifras de estas emisiones permitirá generar mejores prácticas en la gestión integral de RSU, convirtiéndose en la primera base de datos a nivel nacional sobre las emisiones de CH₄ generado en un periodo histórico comprendido entre los años 2014-2023, y uno predictivo entre los años 2024-2058. Esta información brinda datos específicos a cada uno de los 221 GAD cantonales del país, quienes podrán tomar decisiones de mejora en sus sistemas para una adecuada calidad de vida en sus jurisdicciones. La información base proviene de una exploración ex situ en portales como el INEC y otras fuentes de información científica. Finalmente, los resultados revelaron que la producción de CH₄ para el periodo 2014-2023 fue de 1288,15 kton, y para el periodo total 2024-2058 fue de 5650,61 kton.

Palabras clave: Sitios de disposición final, metano, Corenostós, residuos sólidos, sistemas de información geográfico (SIG)

ABSTRACT

This research aims to estimate methane (CH₄) production generated by waste and/or municipal solid waste (MSW) in Ecuador on a cantonal level according to the final disposal sites (FDS) where they are deposited. A Corenostos model was used, and geographic information systems were presented, which is fundamental due to the polluting potential of this gas. Obtaining the amounts of these emissions will allow better practices in the integrated management of MSW, becoming the first national database on CH₄ emissions generated in a historical period between the years 2014-2023 and a predictive one between 2024 - 2058. This information provides specific data to each of the 221 cantonal governments of the country, which will be able to make decisions to improve their systems for an adequate quality of life in their jurisdictions. The base information comes from an ex-situ exploration in websites such as the National Institute of Statistics and Census (INEC by its Spanish acronym) and other scientific information sources. Finally, the results revealed that CH₄ production for the 2014-2023 period was 1288.15 kton, and for the 2024-2058 total period was 5650.61 kton.

Keywords: Final disposal sites, methane, Corenostos, solid wastes, geographic information systems (GIS)



ABREVIATURAS

ton	tonelada/s
kton	Kilotonelada/s
kg	Kilogramos/s
hab	Habitante/s
RSU	Residuos sólidos urbanos
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado
SIG	Sistema de información geográfica
MAE	Ministerio del ambiente ecuatoriana
Gpd	Generación per cápita diaria
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censo
CONALI	Secretaría Técnica del Comité Nacional de Límites Internos
SDF	Sitio de disposición final

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN.....	V
ABSTRACT.....	VI
ABREVIATURAS	VII
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE GRAFICAS	X
ÍNDICE DE MAPAS	X
ÍNDICE DE ANEXOS	XI
ABREVIATURAS	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
CAPÍTULO I	1
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.1 <i>Objetivo General</i>	2
1.1.2 <i>Objetivos Específicos</i>	2
CAPÍTULO II	4
REVISIÓN DE LITERATURA	4
1.2 RESIDUOS SÓLIDOS.....	4
1.2.1 <i>Tipos de residuos sólidos</i>	4
1.2.1.1 Desechos de alimentos	4
1.2.1.2 Basura o escombros	4
1.2.1.3 Cenizas	5
1.2.1.4 Desechos especiales	5
1.2.1.5 Desechos de plantas de tratamiento	5
1.2.1.6 Desechos agrícolas.....	5
1.2.1.7 Desechos peligrosos	5
1.3 GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	6
1.4 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS	6
1.4.1 <i>Recurso Hídrico</i>	6
1.4.2 <i>Recurso atmosférico</i>	6
1.4.3 <i>Recurso suelo</i>	7
1.4.4 <i>Recurso paisajístico</i> :	7
1.5 SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL	7
1.5.1 <i>Relleno sanitario</i>	8
1.5.2 <i>Botaderos de basura</i>	8
1.5.3 <i>Celda emergente</i>	8
1.6 GASES DE EFECTO INVERNADERO.....	8
1.7 ECONOMÍA CIRCULAR	9
1.7.1 <i>Principios fundamentales de la economía circular</i>	9

1.8	ECONOMÍA CIRCULAR EN LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL ECUADOR.....	10
1.9	PRODUCCIÓN DE GAS METANO EN SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL.....	10
1.10	GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL ECUADOR.....	10
1.11	MODELOS DE SIMULACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE RELLENOS SANITARIOS.....	11
1.12	MÉTODO DE CORENOTÓS.....	11
1.13	FUNCIONAMIENTO DEL MODELO.....	13
1.14	APROVECHAMIENTO DE BIOGÁS GENERADO EN UN RELLENO SANITARIO.....	13
1.15	MARCO NORMATIVO.....	14
1.15.1	<i>Convenios internacionales de manejo de residuos sólidos firmados por el Ecuador</i>	14
1.15.2	<i>Normativa Ambiental en la República del Ecuador.</i>	15
CAPÍTULO III.....		20
3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1	ZONA DE ESTUDIO.....	20
3.2	SECCIÓN 1: INFORMACIÓN ORDENADA.....	21
3.2.1	<i>Generación</i>	21
3.2.2	<i>Recolección</i>	22
3.3	SECCIÓN 2. CÁLCULO DE GASES Y LIXIVIADOS EMITIDOS POR LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LOS SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL.....	22
3.3.1	<i>Caracterización de los residuos sólidos</i>	23
3.3.2	<i>Humedad de los residuos según tipología</i>	24
3.3.3	<i>Altitud de los sitios de disposición final</i>	24
3.3.4	<i>Temperatura de los sitios de disposición final</i>	25
3.3.5	<i>Presión atmosférica de los sitios de disposición final</i>	25
3.3.6	<i>Tiempo de eversuria, años para el cierre y fecha de inicio de funcionamiento del sitio de disposición final</i>	25
3.4	SECCIÓN 2. CONSIDERACIONES GENERALES.....	26
3.4.1	<i>Consideraciones de caracterizaciones y cálculo para el análisis de escenarios que realizan cálculos proyectivos</i>	28
3.5	EJEMPLO DEL USO DE PARÁMETROS PARA EL CANTÓN GUAYAQUIL (CANTÓN DE MAYOR GENERACIÓN DE METANO).....	28
CAPÍTULO IV.....		31
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1	IDENTIFICACIÓN DE LINEAMIENTOS DE MEJORA EN LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	46
4.1.1	<i>Comprensión de la circulación y reducción de residuos</i>	46
4.1.2	<i>Separación, recolección y transporte</i>	48
4.1.3	<i>Reciclaje</i>	49
4.1.4	<i>Tratamiento</i>	50
4.1.5	<i>Eliminación</i>	51
4.2	IMPLEMENTACIÓN DE LOS LINEAMIENTOS O ALTERNATIVAS MENCIONADAS.....	52
4.3	DISCUSIÓN.....	53
CAPÍTULO V.....		54
5	CONCLUSIONES.....	54
CAPÍTULO VI.....		57
9.	RECOMENDACIONES.....	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables Consideradas para el Método de Corenostós	12
Tabla 2. Humedad	24
Tabla 3. Cálculo para el análisis de escenarios	28
Tabla 4: 15 mayores generadores de metano Kton en el periodo 2014 – 2023.....	31
Tabla 5: 15 mayores generadores de residuos sólidos en el periodo 2014 – 2023.....	32
Tabla 6. Proyección de emisiones de metano CH ₄ en el periodo 2024-2058	34
Tabla 7. Proyección de producción de residuos sólidos históricos, periodo 2024-2043.....	35
Tabla 8. Proyección de emisiones de metano CH ₄ en el periodo 2024-2058 a nivel provincial	37
Tabla 9. Rangos de emisiones de metano kton por tamaño del Cantón del Ecuador	39
Tabla 10. Resultado histórico y proyectivo de producción de metano (Kton) en las regiones del Ecuador	39
Tabla 11. Resultado histórico y proyectivo de producción de residuos sólidos en las regiones del Ecuador	40
Tabla 12. Principales Generadores de Metano y su Densidad Poblacional en el Año 2022	43

ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1. Hoja calculo Básica del Modelo computacional CorenostósV3	23
Gráfica 2. Ajuste de la caracterización de residuos sólidos tomado del proyecto	24
Gráfica 3. Equivalentes respectivos	24
Gráfica 4. Fórmula para cálculo de población.....	26
Gráfica 5. Hoja calculo Mensual del Modelo computacional CorenostósV3.....	27
Gráfica 6. Estimación de metano	28
Gráfica 7. Caracterización de los residuos sólidos	28
Gráfica 8. Humedad de los residuos	29
Gráfica 9. Variables Climatológicas	29
Gráfica 10. Condiciones de descomposición	29
Gráfica 11. Resultados por mes.....	30
Gráfica 12. Cantidad de metano (kton) generado en el Ecuador entre los años 2024-2058	35
Gráfica 13 Emisión de metano en los periodos de estudio.....	42
Gráfica 14 Producción de residuos sólidos en los periodos de estudio.....	42
Gráfica 15. Emisiones históricas de GEI a nivel global.....	54
Gráfica 16. Residuos sólidos municipales (RSM) para América Latina y El Caribe	55

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Porcentaje de sitios disposición final de Ecuador.....	20
Mapa 2. Producción de metano a nivel cantonal en el periodo 2014 - 2023.....	33
Mapa 3 Principales provincias generadoras de metano en el periodo 2014 -2023.....	36
Mapa 4 Principales provincias generadoras de metano en el periodo 2024 - 2058.....	38
Mapa 5 Producción de metano y residuos sólidos a nivel regional en el periodo de estudio Fuente	41
Mapa 6 Relación de emisiones de metano y densidad poblacional para el año 2022.....	44

Mapa 7 Ubicación de los sitios de disposición final con relación a las áreas protegidas del Ecuador	45
--	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Emisiones de metano en el periodo 2014-2023	65
Anexo 2. Generación de residuos sólidos en el periodo 2014-2023.....	75
Anexo 3. Proyección de emisiones de metano CH ₄ en el periodo 2024 - 2058	85
Anexo 4. Densidad Poblacional con Relación a la Generación de Metano en el Año 2022	92

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

El aumento de la cantidad de residuos en todo el mundo está relacionado con el aumento de la población y el crecimiento económico de diversas comunidades, lo que plantea un reto en términos de planificación de recursos y energía para las ciudades. Según el Banco Mundial, (2024), más del 50% de la población se concentra en zonas urbanas, y se prevé que esta tendencia continúe en el futuro. Las ciudades son grandes centros de actividades industriales y comerciales, lo que conduce a una explotación excesiva de los recursos naturales impulsada por el consumismo global. Esta demanda de recursos da lugar a serios problemas de gestión pública y preocupación municipal.

Según el Banco Mundial (2024), Ecuador cuenta con una población de 18,001 millones de habitantes y una superficie de 256370 km², donde se generan diariamente unas 12613 toneladas (ton) de residuos, de los que el 63,87% proceden de zonas urbanas y el 36,13% restante de zonas rurales (Gila, 2022). Al igual que otros países, Ecuador se enfrenta a importantes retos en cuanto a las infraestructuras necesarias para la ubicación de SDF como son los limitados recursos económicos asignados al sector y la falta de concientización de la población sobre la sostenibilidad. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censo (2022), solo el 33,6% de los municipios de Ecuador habían puesto en marcha procesos de separación en el origen en el año 2020.

Es importante comprender que la gestión de residuos es un transcurso polifacético que abarca varias etapas, y no sólo implica una disposición final apropiada, sino también incluye variables como la reducción en el origen, la reutilización, el reciclaje y la recuperación de energía (Moeller, 2019). Es un proceso integral desde la recolección hasta la eliminación o disposición final. En el Ecuador el sistema más utilizado es el método de acera, seguido por la recolección de contenedores, en el primer caso los residuos son colocados fuera de las casas, para que sean llevados por camiones recolectores, mientras que en el segundo caso los residuos son depositados en contenedores ubicados estratégicamente para cubrir toda una sección de áreas y permite a los ciudadanos depositar sus residuos de manera organizada y en cualquier tiempo para que posteriormente el contenedor sea vaciado por vehículos específicos para el caso (Gila, 2022).

Una vez recolectados los RSU, en su mayoría son llevados a los SDF de tipo enterramiento, sobre todo en países en vías de desarrollo como varios de Latinoamérica, entre ellos Ecuador. Existen países tanto en Europa como en Asia y otros, donde las políticas en la gestión de residuos ya consideran diferentes metodologías para la reducción de residuos desde la fuente, y procesos de eliminación más modernos (aunque no necesariamente más amigables con el medioambiente) (Kaza et al., 2018). En los SDF se producen procesos de descomposición, liberándose diferentes tipos de compuestos líquidos y gaseosos a lo largo de sus diferentes fases (descomposición aerobia, descomposición anaerobia, transformación de ácidos en biogás (Herrera et al., 2017). Estos gases o GEI se generan a con fuerza a partir del quinto mes de enterramiento en la fase de fermentación donde los valores alcanzan hasta 70% del volumen, y conforme pasa el tiempo, estos van disminuyendo una vez cerrado el SDF (Buenrostro et al., 2016) en promedio durante todo este proceso, los GEI se conforman por aproximadamente 50% de CH₄, 40% de (Echeverry & Collazos, 2013) (IPCC, 2023) y (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), 2013), convirtiéndose el metano en uno de los más perjudiciales para la atmósfera y la salud humana ya que es 80 veces más contaminante que el CO₂ (Mar et al. 2022).

El metano es un gas que no es tóxico ni peligroso cuando se inhala en pequeñas cantidades, pero puede causar asfixia si desplaza al aire en grandes cantidades, puede inflamarse si se mezcla con el aire en determinadas concentraciones (J. Gallardo et al., 2022). Las actividades humanas, como la ganadería, las fugas de los sistemas de gas, entre otros producen metano, que es un GEI que contribuye al cambio climático. Desde una perspectiva medioambiental, este gas ofrece ventajas como fuente de energía más limpia en comparación con otros hidrocarburos, pero su liberación a la atmósfera es altamente perjudicial (Vera et al. 2014).

Actualmente al CH₄ se busca aprovecharlo con fines energéticos, de acuerdo con la FAO et al. (2011), el valor energético potencial y la calidad del biogás sugieren que puede alcanzar una capacidad de 18 MJ/m³, aproximadamente la mitad que la del gas natural. La Agencia de Protección Medioambiental de Estados Unidos (USEPA, 2024) ha definido varias opciones para la utilización del biogás, como la industria, los procesos agrícolas y la generación de electricidad (Waste to energy). Además, una vez eliminados los demás componentes del biogás, el metano puede utilizarse como suplemento del gas natural o como combustible para vehículos, impulsando motores de combustión (Quevedo & Rodríguez, 2022).

Teniendo en cuenta estos aspectos, en el actual estudio, se determinó que todos los vertederos existentes en Ecuador, entre los años 2014 al 2023, generaron 1288.146 kton de metano, y se estima que en el periodo de los años 2024 al 2043, habrá 4961,699301 kton procedentes de los 221 cantones de Ecuador. Esta información se obtuvo con apoyo de datos obtenidos por el INEC y procesados dentro del proyecto “Waste Methane Assessment Platform (Waste MAP)” y al proyecto “Fortalecimiento de las capacidades municipales para la gestión de residuos sólidos a través de sistemas de basura cero” en colaboración con la CATF (ONG), la Universidad Andina Simón Bolívar de Bélgica y la KU Leuven.

Finalmente es importante mencionar que los residuos una vez enterrados continúan generando emisiones por la descomposición propia de los RSU por concepto de eversuria (15 años) (Echeverry & Collazos, 2013), por lo tanto, los datos finales abarcarán hasta el año 2058, puesto que se consideran que los sitios de disposición final cerrarán en el año 2043.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

- Estimar la producción de gas metano generado por los residuos sólidos urbanos enterrados en los sitios de disposición final (rellenos sanitarios, celdas emergentes, botaderos) de los 221 cantones del Ecuador, mediante el modelo de Corenostós, y su respectiva visualización en sistemas de información geográficos, con el fin de analizar lineamientos de mejora en la gestión integral de residuos sólidos en el Ecuador.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Estimar la cantidad de metano generado en cada cantón del Ecuador, por los sitios de disposición final de residuos sólidos, entre el año 2014 al 2023, tomando como base de datos la información del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), para elaborar una línea base de la cantidad de residuos y emisiones de metano generadas a nivel Nacional.
- Proyectar la cantidad de metano y residuos que se generarán en Ecuador, derivado del funcionamiento de los sitios de disposición final de residuos sólidos, utilizando el método de Corenostós, para el periodo comprendido entre los años 2024 al 2043, más

15 años adicionales que se considera continúa la descomposición de los residuos después del cierre de los sitios.

- Representación y visualización de la información mediante el uso de Sistemas de Información Geográficos (SIG), para identificar lineamientos de mejora en la gestión integral de residuos sólidos.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

1.2 Residuos Sólidos

Los residuos sólidos se refieren a los materiales en su mayoría considerados no peligrosos que se desechan y existen en forma sólida, semisólida, líquida y gaseosa. Estos materiales de desecho pueden gestionarse o eliminarse de acuerdo con la normativa medioambiental de cada país y región (Córdova & Rodríguez, 2006), y pueden ser originados por personas naturales, jurídicas, públicas o privadas, tanto que pueden ser putrescibles o no putrescibles (TULSMA, 2018).

En el Ecuador la legislación vigente establece como definiciones independientes los términos de residuo y desecho. De este modo el Instituto Nacional de Estadística y Censo, (2023) define a los residuos como cualquier forma de materia sólida, semisólida, líquida o gaseosa, incluyendo materiales compuestos generados en diversas actividades como producción, extracción, transformación, reciclaje, uso o consumo. Por otro lado, los desechos son los materiales resultantes de procesos similares, cuya eliminación se realiza de acuerdo con la legislación nacional.

Es fundamental gestionar y eliminar estos residuos conforme a las leyes ambientales nacionales e internacionales vigentes, con la posibilidad de reutilizarlos o valorizarlos de manera independiente. Estos términos se mantienen de igual manera en los registros oficiales del Ecuador generador por el (Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, 2017).

1.2.1 Tipos de residuos sólidos

Los residuos sólidos pueden ser clasificados en diferentes categorías de acuerdo con sus características físicas, químicas y biológicas, siendo importante su comprensión para desarrollar diferentes estrategias de mejora en la gestión de residuos sólidos urbanos. Es por ello por lo que a continuación se presenta los diferentes tipos de RSU y sus implicaciones para el entorno y la sociedad (Castro, 2017).

1.2.1.1 Desechos de alimentos

Los residuos alimentarios son los restos de animales, frutas o verduras resultantes de la manipulación, preparación, enfriamiento y consumo de alimentos. Estos residuos son muy perecederos y se descomponen rápidamente, sobre todo en climas cálidos, dando lugar a olores desagradables. Además de las cantidades de residuos alimentarios generados en los hogares, se producen cantidades significativas en cafeterías, restaurantes y grandes instalaciones institucionales como hospitales, prisiones y establecimientos relacionados con el mercado alimentario, incluidas tiendas y mercados mayoristas y minoristas (Baquero, 2017).

1.2.1.2 Basura o escombros

Se compone de residuos sólidos combustibles e incombustibles procedentes de viviendas, instalaciones, actividades comerciales, etc., excluyendo los residuos de alimentos u otros materiales altamente putrescibles. Los residuos combustibles suelen incluir materiales como papel, cartón, plásticos, textiles, caucho, cuero, madera, muebles y recortes de jardín. Los residuos no combustibles consisten en artículos como cristalería, latas, aluminio, metales ferrosos y no ferrosos, y tierra (Mideplan, 2012).

1.2.1.3 Cenizas

Son aquellos subproductos de la combustión de madera, carbón vegetal, coque y otros residuos combustibles en hogares, empresas, instituciones e instalaciones industriales y municipales para calefacción, cocina y eliminación de residuos. Suelen consistir en materiales finos y polvorientos, escoria, clinker y pequeñas cantidades de materiales parcial o totalmente quemados. Los residuos de las incineradoras municipales también contienen vidrio, cerámica y otros materiales diversos (Tchobanoglous et al., 2009).

1.2.1.4 Desechos especiales

Los residuos especiales, como los provenientes de las cuencas, animales muertos, vehículos abandonados, entre otros, se clasifican como tales debido a su imprevisibilidad en cuanto a su ubicación. Estos residuos se consideran procedentes de lugares inespecíficos y dispersos, a diferencia de los residuos residenciales, cuya producción es periódica y específica, a pesar de estar también dispersos. Esta distinción es relevante en la gestión de residuos, ya que influye en las estrategias de recogida y tratamiento (RMALC, 2000).

1.2.1.5 Desechos de plantas de tratamiento

Esta categorización abarca los residuos semisólidos y sólidos generados en plantas de tratamiento de aguas, aguas residuales y desechos industriales, de acuerdo con (Ambientum, 2022), la humedad se encuentra en los residuos sólidos urbanos, generalmente alrededor del 40% en peso, con variaciones que pueden oscilar entre el 25% y el 60%. En el Ecuador de acuerdo a la legislación ambiental el porcentaje manejado es 70% Ministerio del Ambiente. (2015).

Las características específicas de estos materiales varían según la naturaleza del proceso de tratamiento. Actualmente, la mayoría de las organizaciones municipales responsables de la gestión de los residuos sólidos no se ocupan de su recogida. Sin embargo, se espera que su eliminación se convierta en un factor importante de cualquier plan de gestión de residuos sólidos en el futuro (NMED, 2023).

1.2.1.6 Desechos agrícolas

La agricultura genera diversos residuos, desde restos de cultivos hasta estiércol animal. Su eliminación inadecuada causa daños ambientales y sanitarios. Si bien la responsabilidad recae en los agricultores, las organizaciones municipales y regionales también deben colaborar. La eliminación del estiércol animal es un problema crítico en muchas zonas. Se necesitan soluciones como la reducción en origen, la reutilización, el reciclaje y la disposición final adecuada. La gestión responsable de estos residuos requiere la acción conjunta de todos los actores involucrados para proteger el medio ambiente y la salud pública (LEANpio, 2022).

1.2.1.7 Desechos peligrosos

Los desechos químicos, biológicos, inflamables, explosivos, o radiactivos que representan un riesgo significativo para la vida humana, las plantas o los animales se consideran peligrosos. Por lo general, estos desechos se encuentran en forma líquida, pero también pueden encontrarse en forma de gases, sólidos o lodos. Sin importar su estado, es necesario manejar y desechar estos residuos con extrema cautela y precaución (Department of Ecology State of Washington, 2020), cumpliendo a su vez el principio “De la cuna a la tumba” (Ministerio del Ambiente, 2015).

1.3 Gestión de residuos sólidos

La gestión de residuos sólidos es un proceso complejo que puede variar según las condiciones locales. Los países, las regiones y los tipos de residuos pueden tener diferentes necesidades y requisitos, lo que puede dar lugar a diferentes enfoques para la gestión de residuos (Toro et al., 2016).

Abarca la aplicación coordinada de diversas prácticas para el tratamiento seguro y eficaz de estos desechos. Este enfoque implica la adopción de medidas exhaustivas en actividades como la prevención, minimización, transporte, aprovechamiento, valorización, tratamiento, disposición final, importación y exportación de residuos peligrosos y no peligrosos (Mosquera, 2018). Sus beneficios abarcan aspectos ambientales, económicos y sociales; y su implementación representa un sistema de gestión práctica adaptable a cualquier región.

La gestión de residuos sólidos conlleva la aplicación de estrategias y técnicas apropiadas para disminuir la generación de desechos, promover el reciclaje y la reutilización, y asegurar una disposición final segura y ambientalmente responsable de los residuos y/o no aprovechables (André & Cerdá, 2016). Asimismo, puede involucrar el manejo especial de residuos peligrosos, que requieren un tratamiento específico debido a su naturaleza tóxica o peligrosa

1.4 Contaminación Ambiental en el manejo de residuos sólidos

El ser humano se ha enfrentado a diversos retos en su interacción con el medio ambiente, y uno de ellos es la eliminación de residuos. A medida que las poblaciones se agrupan y se forman ciudades, aumenta el volumen de residuos generados, por lo que la eliminación de residuos es cada vez más compleja (Chucos, 2020).

Los residuos sólidos al tener un mal manejo generan distintas problemáticas en factores como:

1.4.1 Recurso Hídrico

Una de las principales fuentes de su contaminación, es la presencia de partículas orgánicas ($C_xH_yO_z$), que contiene bacterias y microorganismos que al estar en contacto con la presencia de oxígeno producen compuestos ácidos. Esto deriva en la eutrofización del agua, matando los ecosistemas naturales y convirtiéndola en un peligro para el consumo humano (Bioingepro, 2023).

El represamiento se refiere a un bloqueo de flujo normal de caudales de los diferentes tipos de cuerpos hídricos, causado por la acumulación de materiales de desecho o cualquier otro elemento. Esto puede provocar comportamientos inusuales en el ecosistema como por ejemplo inundaciones, o pérdida del cauce natural, afectando a todos los seres vivos y zonas agrícolas (Chucos, 2020).

De igual forma todos los cuerpos hídricos y aguas subterráneas en general también son susceptibles de una importante contaminación causado por la infiltración de las sustancias superficiales al subsuelo entre ellos materias orgánicas, compuestos químicos, y en el caso de los SDF los lixiviados (Mosquera, 2018).

1.4.2 Recurso atmosférico

Cuando los residuos sólidos se descomponen, producen olores y gases desagradables, siendo los más contaminantes el metano (CH_4) y el dióxido de carbono (CO_2), que contribuyen al aumento del efecto invernadero. Estos gases pueden ser controlados mediante diferentes técnicas entre ellas la incineración, sin embargo, este método es controversial debido a que el

humos y las partículas que derivan de este proceso, no tienen un control definido, por lo tanto, se convierten en partículas suspendidas en el aire (ppm) que afectan negativamente el sistema respiratorio de los seres vivos, además de acelerar el efecto invernadero y otros (NMED, 2023).

1.4.3 Recurso suelo

La contaminación del suelo debido al manejo de residuos sólidos es un problema ambiental significativo. La disposición inadecuada de residuos sólidos, tanto ordinarios como peligrosos, puede amenazar la sostenibilidad ambiental y la productividad del suelo (Tchobanoglous et al., 2009).

La filtración de lixiviados en el suelo puede impactar negativamente en su capacidad productiva y en la diversidad de microorganismos presentes en él, lo que resulta en una disminución de la productividad y en el proceso de desertificación del suelo. Asimismo, la acumulación de desechos puede modificar las características físicas y químicas del suelo, disminuyendo su fertilidad y capacidad de oxigenación, lo que repercute en la calidad del suelo y en su habilidad para sustentar la vegetación (Dávila et al., 2021).

Estos impactos pueden tener consecuencias negativas para la salud humana y el medio ambiente, incluyendo la contaminación del agua subterránea y la generación de gases tipo invernadero que afectan la calidad del aire y contribuyen al cambio climático. Por lo tanto, es fundamental seguir normativas legales para el manejo adecuado de los RSU a fin de prevenir estos impactos negativos en el suelo y el entorno (Benavides & León, 2007).

1.4.4 Recurso paisajístico:

La ubicación de los vertederos debe seguir ciertas condiciones para cuidar el medio ambiente y su entorno generalmente estas condiciones vienen establecidas en las normativas legales de cada país o región. Cuando estas condiciones son ignoradas el paisaje natural o urbano se estropea significativamente y al no ser controlado adecuadamente se convierten en puntos de atracción de vectores cambiando el comportamiento del ecosistema circundante, lo que genera afecciones en la salud humana como estrés, dolores de cabeza, trastornos de la atención, disminución de la eficacia laboral, mal humor y otros problemas que afectan a la salud humana y por lo tanto la calidad de vida (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020).

1.5 Sitio de disposición final

Es un espacio designado para el depósito de residuos sólidos que no pueden ser reciclados, reutilizados ni recuperados. Estos residuos se entierran en el suelo de manera controlada para evitar que contaminen el medio ambiente y causen daños a la salud pública (Solano et al., 2020). Es importante destacar que los rellenos sanitarios modernos están diseñados con sistemas de impermeabilización y recogida de lixiviados, lo que ayuda a minimizar los impactos negativos en las aguas subterráneas y el suelo. Además, algunos vertederos utilizan tecnologías de captura de gases de efecto invernadero, un claro ejemplo de este hecho, es el metano, que se genera durante la descomposición de los residuos, para reducir su impacto en el cambio climático (López et al., 2020).

La disposición final de los desechos sólidos representa la fase conclusiva del manejo de residuos e involucra una secuencia de acciones orientadas a lograr el depósito permanente de los desechos sólidos urbanos, que constituyen las fracciones de desecho inevitables generadas. (mideplan, 2012).

1.5.1 Relleno sanitario

Es un sitio destinado a la disposición final de residuos sólidos urbanos (RSU) que no pueden ser reciclados, reutilizados ni recuperados. Su característica fundamental radica en que deben estar diseñados de tal manera que cumplan con estrictos requisitos ambientales, siendo los principales la impermeabilización del suelo, la cobertura de residuos y la captación de gases de descomposición (Collazos, 2013).

Los residuos sólidos rurales presentan desafíos particulares en relación con los sitios de disposición final. En muchas de estas zonas, la gestión adecuada de residuos es complicada debido a la dispersión poblacional y la falta de infraestructura. Esto se refleja en la escasez de contenedores, la dificultad para reciclar y la falta de educación ambiental (NMED, 2023).

1.5.2 Botaderos de basura

A diferencia de los rellenos sanitarios estos no cumplen ningún tipo de control ambiental por lo que constituyen un grave problema para el medio ambiente y el ecosistema (Torri, 2017). En estos sitios los residuos llegan sin ningún tratamiento y clasificación previa por lo que se convierten en puntos altamente contaminantes que además ya que su proceso se convierte en un cumulo de toxinas que pueden llegar a filtrarse al suelo y contaminar las aguas subterráneas provocando una desertificación en todo el entorno circundante (Chucos, 2020).

1.5.3 Celda emergente

Según el Ministerio del Ambiente (2015), es un espacio diseñado para almacenar temporalmente los desechos sanitarios. Estos desechos deben cubrirse diariamente con un material adecuado para evitar problemas de higiene y salud pública. La celda cuenta con sistemas para la recolección de aguas de lluvia y evitar la contaminación del suelo. Una vez que esté disponible un sitio de disposición final autorizado, los desechos se trasladarán a ese lugar. Cabe destacar que tiene una capacidad de almacenamiento para dos años.

Son una alternativa para el almacenamiento temporal de residuos. Se construyen rápidamente, pero con una técnica adecuada que incluye la impermeabilización para evitar la contaminación. Son más económicos que los rellenos sanitarios, pero requieren un mantenimiento constante. Es importante que su uso sea realmente temporal (Mosquera, 2018)

1.6 Gases de efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero se dividen en dos categorías: directos e indirectos. Los primeros contribuyen al calentamiento global una vez liberados en la atmósfera, mientras que los segundos actúan como precursores del ozono troposférico y contaminantes del aire, transformándose en gases de efecto invernadero en la atmósfera. En el grupo de gases de efecto invernadero directos se incluyen el dióxido de carbono (CO₂), el metano, el óxido nitroso y los compuestos halogenados. Por otro lado, los gases indirectos abarcan los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles que no son metano ni monóxido de carbono (Gallardo et al., 2022).

El dióxido de carbono es un gas esencial para la vida en el planeta y varias aplicaciones científicas, sin embargo, en concentraciones importantes es un GEI que aporta al cambio climático y calentamiento global, así como provocar asfixia por el desplazamiento del oxígeno BOSCOLO (2023). Por otro lado, los óxidos nitrosos N₂O que representan el 6% del forzamiento de los GEI tiene fuentes naturales y antrópicas y afecta principalmente a la abundancia de ozono estratosférico (Benavides & León, 2007).

Los compuestos halógenos conformados principalmente por clorofluorocarbonos (CFC), son compuestos que no existen de forma natural, y en la estratosfera destruyen catalíticamente el Ozono natural. Hoy en día está prohibido la producción de estos elementos en el Protocolo de Montreal y sus enmiendas, sin embargo, se siguen dando paso para ser generados gracias a otros componentes igualmente dañinos pero que no se incluyen en las listas de productos de este acuerdo. Su potencial dañino radica en que pueden absorber energía en la región de longitud de onda en la que ni el CO₂ ni el vapor de agua lo consiguen. Este último, absorbe la luz solar y reemite calor a la atmósfera, a pesar de no ser un contaminante, el vapor de agua es el principal gas de efecto invernadero en la tierra, desempeñando un papel crucial en la regulación de temperatura del planeta (Guzmán, 2015).

Los óxidos de nitrógeno Tienen su origen tanto en actividades humanas como en procesos naturales (Baethgen y Martino, 2005). Han sido tema de discusión preocupante por lo que se incluyen en las políticas medioambientales, debido a su papel en la formación de ozono, sus efectos directos sobre la acidificación y su control sobre la concentración de radicales hidroxilos (OH) en la atmósfera (Benavides y León, 2007). De igual manera el monóxido de carbono (CO) interviene en una amplia gama de reacciones, y si bien por sí solo no contribuye directamente al efecto invernadero, al combinarse con otros compuestos motiva a la formación de GEI como CH₄ y ozono troposférico (Baethgen & Martino, 2005).

Las partículas y óxidos de azufre, al estar suspendidos en el aire, tienen un efecto doble. Por un lado, reflejan y absorben la radiación solar (efecto refrigerante en el aire), mientras, Por otro lado, propician la formación de aerosoles, que contribuyen al calentamiento atmosférico (Armeta et al., 2016).. Las emisiones antropogénicas globales de SO₂, se estiman entre 70 y 803 millones de toneladas anuales, y son 11,5 veces más grandes que las emisiones naturales, que se sitúan entre 18 y 70 millones de toneladas.

Finalmente, el CH₄ es un potente calentador del clima, considerado el segundo (GEI) más importante después del CO₂, es responsable de aproximadamente el 20% del forzamiento radiactivo directo desde 1750, y se ha determinado que es aproximadamente 80 veces más potente que el CO₂ como GEI (Mar et al., 2022). Si bien su eliminación de la atmosfera es mucho más rápida, sus efectos son más intensos a corto plazo, además de ser un precursor del ozono troposférico, contribuyendo así a una fuerte contaminación atmosférica (Mar et al., 2022). Su generación sigue creciendo a un ritmo alarmante (BOSCOLO, 2023), por lo que es indispensable reducirlo, según diferentes estudios limitarlo contribuiría a evitar el calentamiento global entre 1,5 y 2°C. El Protocolo de Kioto de 1997 estableció el CH₄ como GEI en el marco de la política climática internacional de la CMNUCC (Mar et al., 2022).

La fuente principal de CH₄ es la descomposición de la materia orgánica en los sistemas biológicos. Esto incluye diversas actividades agrícolas, tratamiento anaeróbico de las aguas residuales domésticas e industriales, producción y extracción de combustibles fósiles, procesos industriales y la mala gestión de los RSU (Benavides & León, 2007).

1.7 Economía Circular

El concepto de economía circular pretende mantener y reforzar el equilibrio entre los aspectos económicos, sociales y medioambientales, conocido como triple impacto. Implica integrar estos tres componentes y garantizar su participación en el proceso económico (EADIC, 2023).

1.7.1 Principios fundamentales de la economía circular

Según la Fundación Ellen MacArthur, son los siguientes:

1. Eliminar los residuos y la contaminación: El objetivo de este principio es minimizar la producción de desechos y la liberación de sustancias nocivas, fomentando la reutilización, el reciclaje y la regeneración de los recursos.
2. Circular productos y materiales en su valor más alto: Se refiere a mantener los productos, componentes y materiales en la economía durante el mayor tiempo posible, a través de la reutilización, la reparación, la remanufactura y el reciclaje.
3. Regenerar la naturaleza: Este principio busca restaurar y regenerar los ecosistemas, promoviendo prácticas que respeten los límites de los recursos naturales y fomentando la biodiversidad.

Estos principios buscan impulsar un modelo económico sostenible, que reduzca el impacto ambiental y promueva la eficiencia en el uso de los recursos

1.8 Economía circular en la gestión integral de residuos sólidos del Ecuador

En Ecuador, la economía circular se está aplicando cada vez más en la gestión integral de residuos sólidos. El mismo busca maximizar el valor y la utilidad de los recursos a lo largo de su ciclo de vida, reduciendo la generación de residuos y promoviendo la reutilización, el reciclaje y la regeneración de los recursos (Castro, 2017).

El Plan Nacional de Economía Circular para la gestión de residuos sólidos no peligrosos (GRECI, 2023) representa un paso crucial hacia un Ecuador más sostenible y responsable con el medio ambiente. La participación de todos los actores involucrados será fundamental para el éxito de este plan y la construcción de un futuro más próspero para las generaciones venideras (Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, 2023).

Tras aplicar estos esfuerzos se ha logrado contribuir a la aplicación de modelos lineales que se dirigen a la económica circular, la gestión integral de los residuos y avanzando hacia modelos de consumo más responsables

1.9 Producción de gas metano en sitios de disposición final

En los SDF, el proceso natural de la descomposición de la materia orgánica presente en los residuos sólidos genera diferentes tipos de gases, entre ellos el metano. Este compuesto se ha llegado a conformar como uno de los más potentes en el efecto invernadero, de modo que, de acuerdo con varios autores, entre ellos Mar et al. (2022), coinciden en que su capacidad para atrapar el calor en la atmosfera es aproximadamente 80 veces más potente que el CO₂.

La producción de estos gases, se da gracias a la presencia de bacterias anaerobias, donde el metano es uno de sus subproductos (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014). Adicionalmente sobre estas, también tienen una gran influencia, el tipo de residuos, y la temperatura, que afecta principalmente en la velocidad de descomposición de la materia orgánica (mideplan, 2012).

1.10 Gestión de los residuos sólidos en el Ecuador

La administración de desechos sólidos en Ecuador se enfrenta a diversos retos, como la insuficiente cobertura del servicio de recolección de desechos sólidos, la falta de regulaciones claras y la limitada conciencia ambiental (INEC, 2022). Según datos de una encuesta realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos en 2021, un ciudadano promedio de áreas urbanas en Ecuador genera alrededor de 0,9 Kg de desechos sólidos diariamente, siendo el 55% de origen orgánico y el 45% inorgánico. Asimismo, el 85% de los desechos recuperados

son recogidos por recicladores informales, quienes no cumplen con las prácticas adecuadas de gestión de desechos sólidos (INEC, 2022).

Para afrontar estos retos, se han establecido diversas políticas gubernamentales y programas destinados a mejorar la gestión completa de desechos sólidos en Ecuador. Un ejemplo de ello es el Proyecto de Gestión de Residuos Sólidos y Economía Circular Inclusiva (GRECI) en Ecuador, el cual se centra en la implementación de un manejo integral de desechos sólidos, tanto en el sector público como privado, con un enfoque en economía circular y reciclaje inclusivo. Este proyecto tiene como objetivo impulsar la sostenibilidad ambiental mediante la adopción de prácticas que fomenten la reutilización, el reciclaje y la reducción de desechos, aprovechando la tecnología y la innovación (Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, 2023).

1.11 Modelos de simulación del funcionamiento de Rellenos Sanitarios

Según, (Martínez et al., 2011), los modelos de simulación del funcionamiento de los vertederos ayudan a comprender y prever el comportamiento de estos sistemas.

Algunos ejemplos de modelos y estudios relacionados con los vertederos son:

- Modelos geotécnicos: Estos modelos se utilizan para simular el comportamiento de los rellenos sanitarios y han sido calibrados con diferentes registros, haciendo uso de instrumentación, modelos in situ y softwares para estudios de caso de acuerdo con el lugar que corresponda (Alcantar & Vargas, 2019).
- Modelos de balance hídrico: Son herramientas que permiten estimar la cantidad de lixiviados en un relleno sanitario. Consideran la precipitación, que aporta agua al vertedero, y la temperatura, que afecta la evaporación y transpiración. Estos factores son esenciales para comprender el ciclo del agua en el relleno y su impacto en el medio ambiente (Alianza Basura Cero Ecuador, 2024).
- Modelos de simulación por computadora: Estos modelos pueden ser utilizados para analizar la factibilidad y diseño de rellenos sanitarios, su característica principal consiste en recrear a través de computadora escenarios de la vida real, mediante la proporción de parámetros específicos para el estudio de cada caso (Instituto Nacional de Bioingeniería, 2024).
- Estudios de generación de biogás: Estos estudios se centran en la producción de biogás a partir de rellenos sanitarios y pueden incluir la estimación de generación de biogás y el diseño de sistemas de generación de energía eléctrica (Vélez & Camargo, 2009)

En general, estos modelos y estudios pueden ser útiles para evaluar la eficiencia y sostenibilidad de los rellenos sanitarios, así como para informar la implementación de políticas y regulaciones relacionadas con la gestión de RSU.

1.12 Método de Corenotós

La selección de este modelo radica principalmente en el tipo de entrada de datos que se requiere, además considera una serie de variables in situ, entre ellas de tipo climatológico, de presiones, geográficas, así como ya viene definido la cantidad de componentes (H, C, N, O, S, cenizas) de cada material (que pueden ser cambiados en caso de requerirse). Otra particularidad es la posibilidad de obtener datos tanto anuales como mensuales, así como considerar variables de percolación o infiltración y características de cobertura del SDF estudiado, su enfoque se basa en GEI pero su configuración permite obtener cantidades tanto de Metano como gas carbónico. Otro modelo, y que ha sido adaptado para Ecuador es el

LandGEM de la EPA, que también considera variables ambientales, pero en menor proporción, estima constantes de potencial de generación de metano entre otras (Ambuludi et al., 2021) y discrimina consideraciones que si ingresan en el modelo de Corenostós, y es utilizado para obtener solamente Metano. También es importante destacar que de acuerdo con (W. Díaz, 2023), el modelo de Corenostós es levemente más conservador que el de la EPA, pero su variación es menor y por lo tanto concluye que ambos modelos son apropiados.

El objetivo del modelo es simular el proceso de llenado de residuos en un vertedero. Calcula los gases y lixiviados que se producen como resultado de la biodegradación de los residuos orgánicos y la infiltración del agua de lluvia que entra en contacto con las capas de residuos. El programa también puede determinar el grosor adecuado de la cubierta para evitar la infiltración del agua de lluvia (Echeverry & Collazos, 2013).

La composición química de los residuos descomponibles, papel o cartón, textiles y de jardinería, junto con el porcentaje de humedad, se utiliza para calcular el porcentaje de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre. A partir de esta evaluación, se puede estimar la cantidad de metano producida (Armeta et al., 2016).

Según la opinión de Becerra et al., (2023), los lixiviados se presentan como líquidos oscuros y malolientes con alta carga de componentes orgánicos, minerales y tóxicos, son subproductos comunes de los vertederos y rellenos sanitarios, especialmente en países en desarrollo y subdesarrollados debido a su facilidad de operación y bajos costos. Estos líquidos altamente contaminantes se generan por la infiltración de la precipitación a través de los desechos, transportando contaminantes solubles y desencadenando procesos químicos, físicos y biológicos complejos. La composición de los lixiviados varía según los residuos, clima, lluvias y edad del vertedero.

El enfoque se fundamenta en la observación y experimentación de sistemas cerrados donde se conoce lo que sale en relación con lo que entra. Aunque es improbable que los datos de entrada de un elemento tan diverso como la basura coincidan exactamente con la realidad, la precisión del modelo depende de la exactitud de los datos de entrada. Este método facilita la observación de cambios en cada variable al mantener el control sobre las demás. Las variables tomadas en cuenta son:

Tabla 1. Variables Consideradas para el Método de Corenostós

Variables Consideradas para el Método de Corenostós	
<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de basura dispuesta en el SDF 	<ul style="list-style-type: none"> • Espesor del material de cobertura
<ul style="list-style-type: none"> • La composición física y química de la basura dispuesta en el SDF 	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de material de cobertura
<ul style="list-style-type: none"> • Grado de descomposición de la basura 	<ul style="list-style-type: none"> • Pendiente superficial de la basura o del material de cobertura
<ul style="list-style-type: none"> • Grado de retención de líquidos en la basura 	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas expuestas al agua lluvia
<ul style="list-style-type: none"> • Lapso de eversuria (tiempo que tardarán los residuos en descomponerse después del cierre del sitio de disposición final) 	<ul style="list-style-type: none"> • Precipitación mes a mes (o también año a año, en página "por años") durante toda la vida útil del proyecto más el tiempo que se considere durara la descomposición de todo el

	material de la basura (normalmente 15 años "Eversuria").
<ul style="list-style-type: none"> • Vida útil del relleno sanitario, o tiempo durante el cual se va a depositar basuras 	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura media del sitio y la altitud o presión atmosférica
<ul style="list-style-type: none"> • Factores conforme a los cuales se da tal descomposición 	<ul style="list-style-type: none"> • Evapotranspiración potencial mes a mes (o año a año, pagina "por años") en el sitio durante todo el tiempo que se crea va a durar activo el relleno (vida útil más tiempo de eversuria).

Fuente: Echeverry & Collazos, 2013

Elaborado por: Autor

El modelo Corenostós es uno de los modelos más frecuentemente aplicados para la estimación de la producción de gases en los rellenos sanitarios (Díaz, 2015).

1.13 Funcionamiento del modelo

La guía publicada por Echeverry & Collazos (2013) describe el funcionamiento del método Corenostós, el cual se realiza en una plantilla de Excel que manifiesta tres hojas. Cabe destacar que su uso es relativamente sencillo, puesto que sus variables de entrada son de uso general y básicamente responde a condiciones de sitio sobre el cual se desea realizar el cálculo. Su principal fortaleza radica en la calidad de entrada de datos que se le asigne, mientras los datos se acerquen más a la realidad, los resultados tendrán menos sesgos de información.

En la primera hoja, llamada "básica", se ingresan las condiciones permanentes del proceso y se calcula la cantidad de gas y lixiviado que produce una unidad de basura (tonelada o gramo) de tipo doméstico, en las condiciones específicas de dicha basura.

En la segunda hoja, "Mensual", se operan las cantidades que varían de un mes a otro (acumulado mensual de basuras) y se ofrecen resultados mes a mes. En la tercera hoja, "Por año", se operan las cantidades que varían de año en año (acumulado anual de basuras) y se ofrecen resultados año a año.

En resumen, el método de Corenostós se utiliza en rellenos sanitarios para estimar la cantidad de gases que se producen, como el metano, y planificar su aprovechamiento como fuente de energía. También se utiliza en el diseño de rellenos sanitarios para determinar la cantidad de gases y lixiviados que se van a producir y planificar su manejo y disposición final (Armeta et al., 2016).

1.14 Aprovechamiento de biogás generado en un relleno sanitario

Implica un proceso complejo de descomposición de residuos orgánicos, que ocurre en diversas etapas. Este proceso produce biogás, una mezcla principalmente de metano y dióxido de carbono, que puede ser utilizada como fuente de energía renovable (Quevedo & Rodríguez, 2022).

Algunos aspectos clave del aprovechamiento de biogás en rellenos sanitarios incluyen:

1. Producción de biogás: En los vertederos está condicionada por la composición de los desechos y la presencia de materia orgánica susceptible de descomposición (Vélez & Camargo, 2009).

2. Extracción de biogás: El movimiento del biogás se produce horizontalmente dentro de las distintas capas de residuos y se extiende por la capa superior de recubrimiento. Se emplea un soplador de aire para crear un vacío dentro de los pozos de recogida de biogás, obligando así al gas a salir (W. Díaz, 2023).

3. Captación y almacenamiento: Los pozos de recogida de los sistemas de generación de biogás de los vertederos pueden construirse con malla de acero y soportes de madera, y rellenarse con rocas o arena (Empresa Pública Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC), 2024).

- Uso y beneficios: El biogás capturado puede utilizarse para producir electricidad, calor o combustibles verdes como el biometano. Su utilización disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero y la dependencia de los combustibles fósiles, y puede generar ingresos mediante la venta de energía o la obtención de créditos de carbono (Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2023).

- Factores para considerar: Una gestión inadecuada de los sitios donde se produce biogás en vertederos puede ocasionar daños significativos. Por consiguiente, es crucial considerar factores como el entorno, la temperatura, la presencia de oxígeno, las particularidades de cada tipo de residuo y la antigüedad del vertedero (W. Díaz, 2023).

El aprovechamiento de biogás generado en un relleno sanitario es una fuente de energía renovable y sostenible que puede transformar desechos en recursos útiles. Sin embargo, es importante considerar diversos factores y realizar un manejo adecuado del proceso para garantizar su eficiencia y seguridad (Vera et al., 2014).

1.15 Marco Normativo

1.15.1 Convenios internacionales de manejo de residuos sólidos firmados por el Ecuador

- Convenio de Basilea:
El Tratado de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación surgió como respuesta a las manifestaciones públicas en la década de los 80, con el propósito de salvaguardar el medio ambiente y la salud humana de los impactos perjudiciales derivados de la generación, gestión, traslado transfronterizo y eliminación de desechos peligrosos (PNUMA, 1992). Ecuador ratificó este convenio en 1994 a través del Registro Oficial No 432 del 3 de mayo de 1994. Asimismo, el país dispone del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes en el Ecuador (RETCE), una herramienta de gestión ambiental que facilita el seguimiento de la cantidad de contaminantes generados, transferidos y recibidos por las empresas nacionales, incluyendo los desechos peligrosos. Además, Ecuador ha establecido el Comité Nacional para la Gestión de Desechos Peligrosos, cuyo propósito es implementar el Tratado de Basilea y fomentar la gestión ambientalmente responsable de los desechos peligrosos en el país (Ministerio del Ambiente, 2001).

- Convenio de Estocolmo: El Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) es un acuerdo internacional que busca la reducción o eliminación

de los COPs en el ambiente, con el objetivo de proteger la salud humana y el medio ambiente (PNUMA, 2004). Ecuador ratificó este convenio en el año 2004, convirtiéndose en parte de los esfuerzos internacionales para abordar los riesgos asociados con los COPs. El convenio entró en vigor el 17 de mayo de 2004 y fue ratificado por Ecuador el 7 de junio del mismo año. Este tratado es auspiciado por la ONU a través del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, (Gestión COOPS, 2006).

Los COPs son los Contaminantes Orgánicos Persistentes. Son una clase de sustancias químicas que son muy tóxicas y pueden tener efectos dañinos en la salud humana y el medio ambiente. Pueden encontrarse en una variedad de productos, como pesticidas, disolventes y productos de consumo (PNUMA, 2004).

- Protocolo de Kyoto: Ecuador, a pesar de no tener un compromiso obligatorio de reducción de emisiones, se adhirió al Protocolo de Kyoto en 2005 y ha participado activamente en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) para financiar proyectos de gestión de residuos que han logrado reducir las emisiones de GEI y mejorar la gestión de residuos en el país. Si bien aún hay muchos retos por delante, como la falta de infraestructura y la baja tasa de reciclaje, Ecuador tiene la oportunidad de seguir mejorando la gestión de residuos a través del financiamiento internacional, el desarrollo de nuevas tecnologías y la educación ambiental (Naciones Unidas, 1998).
- Acuerdo de París: Ecuador se unió al Acuerdo de París en 2015, comprometiéndose a reducir el 20% de las emisiones de GEI al 2025 y a desarrollar una economía baja en carbono. Ha creado el Ministerio de Ambiente y Agua, elaborado la ENCC al 2025 e implementado políticas de energías renovables y eficiencia energética. Sin embargo, aún hay desafíos como la falta de recursos financieros y técnicos, y la necesidad de fortalecer la institucionalidad ambiental. La movilización de recursos, la cooperación internacional y la participación de la sociedad civil son claves para el éxito de la acción climática en Ecuador (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 2015).
- COP28: Ecuador ha participado activamente en la lucha contra el cambio climático a nivel internacional, participando en la COP28 en Dubai y buscando asegurar un acuerdo ambicioso para la acción climática. Si bien se lograron algunos avances, como la creación de un fondo para la adaptación al cambio climático, algunos países expresaron su decepción por la falta de progreso en temas como la reducción de emisiones. A lo largo de las COP, Ecuador ha sido un defensor de los países en desarrollo, exigiendo a los países desarrollados que tomen medidas ambiciosas y proporcionen financiamiento. A pesar de los desafíos, como las limitaciones financieras y la vulnerabilidad al cambio climático, Ecuador tiene oportunidades para abordar el problema, como sus recursos naturales y experiencia. El país debe seguir comprometido con la lucha contra el cambio climático y aprovechar las oportunidades para lograr un futuro resiliente al clima (Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, 2023b) .

1.15.2 Normativa Ambiental en la República del Ecuador.

- Constitución de la República del Ecuador, 2008

El art 14: "La población tiene el derecho fundamental a vivir en un entorno saludable y ecológicamente sustentable y sostenible, garantizando a los ecuatorianos un desarrollo sostenible y un Buen Vivir, conocido como Sumak Kawsay o Madre Tierra, donde se da a

conocer el interés nacional en la preservación, conservación, prevención y recuperación del entorno natural en el que habitamos” (Constitución, 2008).

El art 227: “La administración pública constituye un servicio a la colectividad que se rige por los principios de eficacia, eficiencia, calidad, jerarquía, desconcentración, descentralización, coordinación, participación, planificación, transparencia y evaluación” (Constitución, 2008).

El art 264: “Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley: 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. 12. Regular, autorizar y controlar la explotación de materiales áridos y pétreos, que se encuentren en los lechos de los ríos, lagos, playas de mar y canteras” (Constitución, 2008).

El art 276: “El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos: 4. Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural” (Constitución, 2008).

El Artículo 415: “Señala que los gobiernos autónomos descentralizados establecerán proyectos sobre el uso del agua de forma racional, impulsando el manejo adecuado de residuos sólidos y líquidos” (Constitución, 2008).

- Código Orgánico del Ambiente (COA)

Publicado en el Registro Oficial No. 983 de 12 de abril de 2017

El art 23: “Autoridad Ambiental Nacional. El Ministerio del Ambiente será la Autoridad Ambiental Nacional y en esa calidad le corresponde la rectoría, planificación, regulación, control, gestión y coordinación del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental” (MAATE, 2017).

El art 224: “Objeto. La gestión integral de los residuos y desechos está sometida a la tutela estatal cuya finalidad es contribuir al desarrollo sostenible, a través de un conjunto de políticas intersectoriales y nacionales en todos los ámbitos de gestión, de conformidad con los principios y disposiciones del Sistema Único de Manejo Ambiental” (MAATE, 2017).

El art 225: “Políticas generales de la gestión integral de los residuos y desechos. Serán de obligatorio cumplimiento, tanto para las instituciones del Estado, en sus distintos niveles y formas de gobierno, regímenes especiales, así como para las personas naturales o jurídicas, las siguientes políticas generales: 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; (MAATE, 2017).

El art 230: “De la infraestructura. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales o Metropolitanos proveerán de la infraestructura técnica de acuerdo con la implementación de modelos de gestión integral de residuos sólidos no peligrosos, de conformidad con los lineamientos y normas técnicas que se dicten para el efecto” (MAATE, 2017).

El art 231: “Obligaciones y responsabilidades. Serán responsables de la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos a nivel nacional, los siguientes actores públicos y privados: 1. La Autoridad Ambiental Nacional como ente rector que dictará políticas y lineamientos para la gestión integral de residuos sólidos en el país y elaborará el respectivo plan nacional. Asimismo, se encargará de la regulación y control; 2. Los Gobiernos Autónomos

Descentralizados Municipales o Metropolitanos serán los responsables del manejo integral de residuos sólidos no peligrosos y desechos sanitarios generados en el área de su jurisdicción, por lo tanto, están obligados a fomentar en los generadores alternativas de gestión, de acuerdo con el principio de jerarquización, así como la investigación y desarrollo de tecnologías (MAATE, 2017).

Se debe establecer procedimientos adecuados para la gestión integral de residuos sólidos, incluyendo barrido, recolección, transporte, almacenamiento temporal, acopio, transferencia, tratamiento y disposición final. Se destaca la necesidad de considerar enfoques que promuevan la inclusión económica y social de sectores vulnerables, así como la implementación de mecanismos para garantizar la trazabilidad de los desechos. Se menciona la posibilidad de formar mancomunidades y consorcios para cumplir con estas responsabilidades de acuerdo con la ley, y se enfatiza la responsabilidad de supervisar el desempeño de las personas contratadas para llevar a cabo la gestión de residuos sólidos no peligrosos y sanitarios en todas sus etapas.

El art 232: “Del reciclaje inclusivo. La Autoridad Ambiental Nacional o los Gobiernos Autónomos Descentralizados, según su competencia, promoverán la formalización, asociación, fortalecimiento y capacitación de los recicladores a nivel nacional y local, cuya participación se enmarca en la gestión integral de residuos como una estrategia para el desarrollo social, técnico y económico. Se apoyará la asociación de los recicladores como negocios inclusivos, especialmente de los grupos de la economía popular y solidaria” (MAATE, 2017).

- Reglamento al Código Orgánico del Ambiente (Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, 2019)

Publicado en el Registro Oficial No. 507 de 12 de junio de 2019

El art 572:” Actores. - Las entidades públicas que participan en la gestión integral de residuos y desechos son las siguientes:

- a) La Autoridad Ambiental Nacional;
- b) La Autoridad Sanitaria Nacional;
- c) La Autoridad Nacional de Electricidad y Energía Renovable; y,
- d) Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales o Metropolitanos.”

El art 573: “: “Atribuciones de la Autoridad Ambiental Nacional. - Sin perjuicio de aquellas establecidas en la Constitución y la ley, las atribuciones de la Autoridad Ambiental Nacional, respecto a la gestión integral de residuos y desechos, son las siguientes: a) Expedir políticas, instructivos, normas técnicas y demás instrumentos normativos necesarios para la gestión integral de residuos y desechos, en concordancia con la normativa aplicable y los instrumentos internacionales ratificados por el Estado; n) Brindar asistencia técnica a las autoridades estatales con facultades de control, así como a otros actores involucrados, para el cumplimiento de las normas que rigen la gestión de residuos y desechos; o) Brindar acompañamiento técnico a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales o Metropolitanos respecto de sus modelos de gestión integral de residuos y desechos, con el fin de incrementar sus capacidades y minimizar el impacto en el ambiente;”

El art 574: “Gestión de desechos de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales o Metropolitanos. - Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales o Metropolitanos para la gestión integral de los residuos y desechos, considerarán lo siguiente:

a) Emitir normativa local para la gestión integral de residuos y desechos, en concordancia con la política y normativa ambiental nacional vigente;

e) Realizar la gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos, en áreas urbanas y rurales dentro de su jurisdicción;”.

f) Prestar el servicio de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los desechos sanitarios, siguiendo los procedimientos técnicos establecidos en la normativa secundaria correspondiente;”.

El art 579: “Prestación de servicio público. - El servicio público para la gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos deberá ser prestado por los gobiernos autónomos descentralizados municipales y metropolitanos bajo el modelo de gestión adoptado de conformidad con la Ley y la norma secundaria que emita la Autoridad Ambiental Nacional para el efecto.”

- Ley Orgánica Reformatoria del Código Orgánico del Ambiente (COA) y del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)

Publicadas en el Registro Oficial No. 602 de 21 de diciembre de 2021

El art 23: “- Sustitúyase el número 2) del Artículo 231, por el siguiente texto: 2) Los Gobiernos Autónomos Descentralizados municipales o metropolitanos serán los responsables del manejo y procesamiento integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos y desechos sanitarios generados en el área de su jurisdicción (...)”.

El art 30: “Sustitúyase la letra d) del artículo 55, por la siguiente: “d) Prestar los servicios públicos básicos de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial con depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos mediante rellenos sanitarios, otras actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la Ley”.

- La Resolución No. 0005-CNC-2014 publicada en el Registro Oficial No. 411 de 08 de enero de 2015, del Consejo Nacional de Competencia (CNC)

Artículo 3: “.- Facultades del gobierno central.- En el marco de la competencia de gestión ambiental, corresponde al gobierno central, a través de la entidad rectora del sector, el ejercicio de las facultades de rectoría nacional, planificación nacional, regulación nacional, control nacional y gestión nacional.”

Artículo 4: “. - Rectoría nacional. - En el marco de la competencia de gestión ambiental, corresponde al gobierno central, a través de la entidad rectora del sector, la definición de la política pública nacional ambiental.”

Artículo 6: “. - Regulación nacional. - En el marco de la competencia de gestión ambiental, corresponde al gobierno central, a través de la entidad rectora del sector, las siguientes actividades de regulación de ámbito nacional: 2. Expedir normas técnicas, manuales y parámetros generales de protección ambiental, aplicables en el ámbito nacional. 4. Elaborar normativa técnica para la gestión integral de desechos sólidos.”

Artículo 15: “. - Facultades de los gobiernos autónomos descentralizados metropolitanos y municipales. -En el marco de la competencia de gestión ambiental, corresponde a los gobiernos autónomos descentralizados metropolitanos y municipales, las facultades de planificación local, regulación local, control y gestión locales”.

- Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA) Ministerio del Ambiente (2015).

Artículo 3: Correspondiente al Glosario:

“Almacenamiento de residuos/desechos no peligrosos.- Toda operación conducente al depósito transitorio de los desechos y/o residuos sólidos, en condiciones que aseguren la protección al ambiente y a la salud humana. Acumulación de los desechos y/o residuos sólidos en los lugares de generación de los mismos o en lugares aledaños a estos, donde se mantienen hasta su posterior recolección”.

“Aprovechamiento de residuos no peligrosos.- Conjunto de acciones o procesos asociados mediante los cuales, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, se procura dar valor a los desechos y/o residuos reincorporando a los materiales recuperados a un nuevo ciclo económico y productivo en forma eficiente, ya sea por medio de la reutilización, el reciclaje, el tratamiento térmico confines de generación de energía y obtención de subproductos o por medio del compostaje en el caso de residuos orgánicos o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales y/o económicos”.

“Disposición final: Es la última de las fases de manejo de los desechos y/o residuos sólidos, en la cual son dispuestos en forma definitiva y sanitaria mediante procesos de aislamiento y confinación de manera definitiva los desechos y/o residuos sólidos no aprovechables o desechos peligrosos y especiales con tratamiento previo, en lugares especialmente seleccionados y diseñados para evitar la contaminación, daños o riesgos a la salud humana o al ambiente. Se la realiza cuando técnicamente se ha descartado todo tipo de tratamiento, tanto dentro como fuera del territorio ecuatoriano”.

“Fases de manejo de residuos no peligrosos.- Corresponde al conjunto de actividades técnicas y operativas de la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos que incluye: minimización en la generación, separación en la fuente, almacenamiento, recolección, transporte, acopio y/o transferencia, aprovechamiento o tratamiento y disposición final”.

Artículo 7: “Competencia de evaluación de impacto ambiental.- Le corresponde a la Autoridad Ambiental Nacional el proceso de evaluación de impacto ambiental, el cual podrá ser delegado a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales, metropolitanos y/o municipales a través de un proceso de acreditación conforme a lo establecido en este Libro. El resultado del proceso de evaluación de impactos ambientales es una autorización administrativa ambiental cuyo alcance y naturaleza depende de la herramienta de gestión utilizada según el caso. Tanto la autorización ambiental como las herramientas de evaluación de impactos ambientales se encuentran descritas en este documento legislativo”.

En el artículo 49 se establecen las directrices generales y obligatorias para la gestión integral de residuos y desechos a nivel gubernamental, individual (tanto personas físicas como jurídicas, públicas o privadas), comunitario o mixto, nacional o extranjero.

Los artículos 55, 57, 58 y 59 se centran en la gestión de residuos no peligrosos y en las garantías que deben ofrecer los Centros de Acopio y Disposición (CADs) municipales. Se enfatiza la importancia de un manejo adecuado en todas las etapas de gestión de residuos, desde la generación hasta la disposición final, considerando aspectos técnicos, operativos y de viabilidad en los diseños finales de los proyectos.

Los artículos 60 al 77 detallan los lineamientos para las distintas fases de los residuos sólidos, incluyendo condiciones, prohibiciones, alternativas y variables a considerar, así como la responsabilidad de entidades desde individuos hasta entidades gubernamentales de alto nivel en su gestión. Se hace hincapié en la importancia de actividades de divulgación, concienciación y capacitación en este proceso.

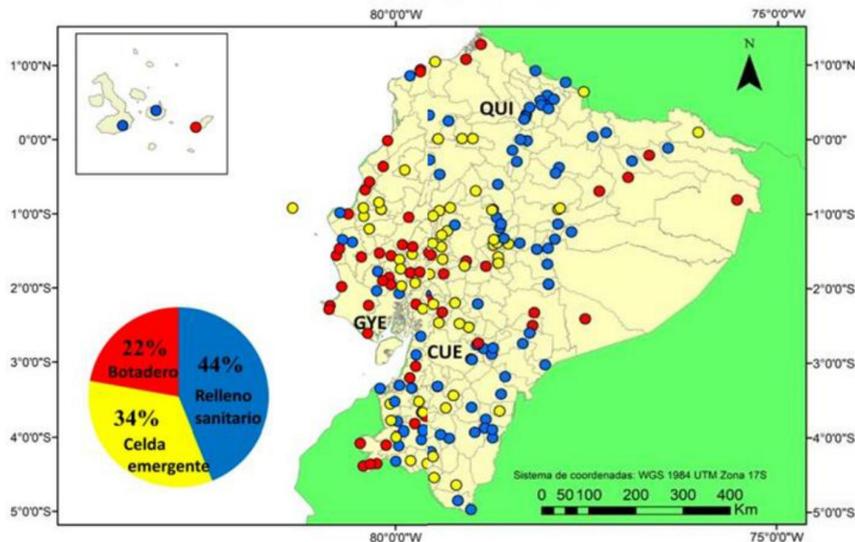
CAPÍTULO III

3 MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología utilizada para el estudio de disposición final de residuos sólidos en Ecuador es de carácter descriptivo y consiste en la recolección de datos ex situ a través de una exhaustiva investigación en distintos portales de sistemas de información geográfica del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC). La investigación se enfoca en identificar los lugares de disposición final a nivel de Ecuador, tomando en cuenta datos como lixiviados, percolados, gas, entre otros. Además, se utilizó la base de datos general proveniente de Waste Methane Assessment Platform (Waste MAP) este proyecto se viene ejecutando como un complemento del proyecto "Fortalecimiento de las capacidades municipales para la gestión de residuos sólidos a través de sistemas basura cero" en conjunto con la Clean AIR Task Force (CATF) (ONG), la Universidad Andina Simón Bolívar de Bélgica y la KU LEUVEN, desarrollada por el Ing. José Luis Solano Peláez, docente de la Universidad Católica de Cuenca y la Universidad Andina del Ecuador.

3.1 Zona de Estudio

La Zona de estudios considera todo el territorio ecuatoriano, donde en función de los rellenos sanitarios, se obtendrá la cantidad de emisiones generadas en cada cantón. Una primera visión de los SDF encontrados a nivel nacional lo podemos encontrar elaborado por (Solano et al., 2020) en el cual como se puede observar en el mapa 1, existe en mayor cantidad rellenos sanitarios, con un total del 44%.



Mapa 1. Porcentaje de sitios disposición final de Ecuador
Fuente: Solano et al., 2020

La investigación se desarrolla en una línea secuencial de pasos que se divide en tres secciones, que consisten en: Ordenado de información y extracción de variables a utilizar, aplicación del modelo matemático para obtener la cantidad de gases emitidos a la atmósfera en los sitios de disposición final, y por último extraer las cantidades definitivas para cada cantón en función de las características solicitadas por el modelo matemático.

3.2 Sección 1: Información ordenada

Al realizar una búsqueda exhaustiva en los portales de sistemas de información geográfica, se obtienen datos provenientes del INEC, los cuales contemplan diversas categorías con sus respectivas variables.

- Generación; Densidad poblacional, PPC, caracterización, cantidad generada
- Recolección; cantidad recolectada, clasificación
- Disposición final; tipo de sistema, recuperación
- Administración; tipo, cobro, ordenanza, recuperación de costo.

3.2.1 Generación

Población

Para realizar un análisis adecuado, la variable toma en cuenta los valores del documento oficial del (INEC), para proyecciones de población, que incluye la información de población del censo de 2010 y realiza los respectivos conteos y proyecciones hasta el año 2030.

Densidad poblacional

Para realizar un análisis adecuado, se toman en cuenta los siguientes datos:

- La población se obtiene a partir de la variable "población", que incluye la información de población del censo de 2010.
- La superficie de cada cantón se obtiene a partir de la información geográfica proporcionada por la secretaria técnica del Comité Nacional de Límites Internos (CONALI, 2018).

Con estos datos se obtiene de manera sencilla la densidad poblacional, la cual consiste en la aplicación de la siguiente ecuación:

Densidad poblacional = número de habitantes/superficie del territorio deseado (km²)
(Ecuación1)

PPC (Generación per cápita diaria)

La generación per cápita del INEC contempla diferentes declaraciones a lo largo de los años, en unos contempla únicamente urbana, otros contemplan urbana y rural, y otros muestran promedios, por lo tanto, se trabaja con datos promedios para todos los años.

Caracterización

Dentro de la documentación del proyecto "Fortalecimiento de las capacidades municipales para la gestión de residuos sólidos a través de sistemas basura cero", se especifica los valores de esta variable a lo largo de los años 2014 al 2023, también se especifica que existe ausencia de datos en varios cantones y años, por lo que mediante modelos matemáticos obtiene la información faltante basado en los datos principales del INEC. En este estudio la caracterización de los residuos es importante para la aplicación del modelo matemático.

Generación (Cantidad Generada)

Los datos de generación de residuos sólidos se encuentran registrados en la base de datos oficial del INEC, sin embargo no todos los años contempla esta información, además de

encontrarse varios valores con un comportamiento anómalo, por lo tanto, los datos utilizados aquí, responden a una generación bruta de valores basados en la cantidad de población y su respectiva PPC, encontrados en el documento del proyecto "Fortalecimiento de las capacidades municipales para la gestión de residuos sólidos a través de sistemas basura cero". La ecuación utilizada en este documento es:

$$\text{Cantidad generada} = \text{población} * \text{generación per cápita} \text{ (Ecuación 2)}$$

3.2.2 Recolección

Cantidad Recolectada

Si bien dentro de este estudio no es una variable por utilizar, cabe mencionar que el (INEC) en los formularios que solicita anualmente a cada cantón, contempla esta variable para informar la cantidad total de RSU que se están recolectando en cada jurisdicción. Sin embargo, existe varios datos que no guardan una relación acorde a la realidad.

Recolección y clasificación diferenciada

Los valores declarados por los GAD municipales existen en todos los documentos de la base de datos del (INEC). Es una variable que brinda información acerca del lugar en donde se realiza la recolección diferenciada como son áreas urbanas, barrios pilotos, todo el cantón y lugares específicos.

Disposición final

La disposición final de RSU de acuerdo con los datos proporcionados por el (INEC), permite diferenciar entre botaderos, celdas emergentes y rellenos sanitarios. Lo cual ayuda a identificar el tipo de SDF existentes en el territorio nacional, que servirá posteriormente para realizar los cruces de información y análisis respectivos.

3.3 Sección 2. Cálculo de gases y lixiviados emitidos por los residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final

Para el cálculo de emisiones se considerará 3 períodos:

- | | | |
|---|----|-------------|
| 1. Histórico | -> | 2014 – 2023 |
| 2. Proyectivo hasta cierre de los sitios de disposición final | -> | 2024 – 2043 |
| 3. Proyectivo considerando los años de eversuría | -> | 2044 – 2058 |

El escenario histórico contempla la información declarada por el INEC y el documento del proyecto El segundo escenario considera las proyecciones obtenidas dentro del proyecto "Fortalecimiento de las capacidades municipales para la gestión de residuos sólidos a través de sistemas basura cero", además que consiste en un periodo estimado asumiendo que en el año 2024 comienza a operar los nuevos sitios de disposición final, y culminan en un tiempo de vida útil de 20 años según lo estipula (Collazos, 2013). Finalmente, el tercer periodo consiste en un tiempo adicional en el cual los residuos siguen generando emisiones una vez enterrados, es decir un tiempo final de descomposición de ellos, el cual es considerado generalmente en un aproximado de 15 años.

Para realizar estos análisis, se utiliza el método de Corenostós, que consta de dos hojas. La primera hoja, la pantalla principal, se utiliza para ingresar las variables necesarias para obtener la información de emisiones por tonelada de residuos dispuestos. La segunda hoja, por su parte, realiza el cálculo de las emisiones en función de las cantidades de residuos sólidos dispuestos mensualmente en cada sitio de disposición final.

La primera hoja para utilizar se presenta en la gráfica 1.

Simula colmado de relleno sanitario ©									
	real	par defecto	Tabla de la cantidad de cada elemento en el material						
Tonelaje depuesto	1	tonelada	Hidrógeno	Carbono	Nitrógeno	Oxígeno	Azufre	Cenizas	
% putrescible	45,685		0,064	0,480	0,026	0,376	0,004	0,050	
% papel y cartón	5,3893		0,06	0,435	0,003	0,440	0,002	0,06	
% textiles	9,234		0,066	0,5475	0,047	0,3115	0,003	0,025	
% jardinería	0		0,057	0,4855	0,029	0,3855	0	0,043	
% otros	39,691								
			parte de agua						
% humedad pu	69	o si no: 51	0,3152246				0,6609328		materia seca
% humedad pa	15	o si no: 10	0,0080849						
% humedad te	17	o si no: 9	0,0156377				0,2640783		secos por descomponerse
% humedad ja	12	o si no: 12	0						
			0,3390072	total H ₂ O					
% descomposición	50	o si no 50	0,5	elementos disponibles:					
			H-dispo	C-dispo	N-dispo	O-dispo	S-dispo	Cen-dispo	
Altitud (m sobre n m)	2548		0,00906385	0,06797887	0,00368219	0,05325011	0,00056649	0,00708113	
Temperatura	16,0	13,7	0,00274886	0,01992926	0,00013744	0,02015833	0,00009163	0,00274886	
Presión atmosférica	1020,0	997	0,00505836	0,04196141	0,00360217	0,02387394	0,00022993	0,00191605	
factor a c. d. l.	0,980		0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	
presión atm (mm de Hg)	748	Total ton	0,01687107	0,12986954	0,00742180	0,09728238	0,00088804	0,01174604	
			Mol - total	0,008436	0,005411	0,000265	0,003040	0,000444	0,005873
1,000000000									
0,125722			lixiviados	Metano	Carbónico	Amoniaco	Agua	S y cenizas	
0,125722			0,1970541	0,0464102	0,1104660	0,0045061	0,0356599	0,0063170	
0,264079			gases total						
m ³ de gases a c. d. l.			118,83084	65,01784174	56,274895				
evesuría, (en años)	15	o si no 15							
% descomp 1 ^{er} año	15	o si no 15				1,0000000			
% descomp final	5	o si no 5							
años para el cierre	1	0,45532	factor anual de descomposición del mes 13 al 60						
fecha de inicio	ene-25	0,00042	factor mensual de descomposición del mes 61 al 192						

Gráfica 1. Hoja calculo Básica del Modelo computacional CorenostósV3
 Autor: Díaz, 2015

Como se puede observar en la hoja de cálculo básica se solicita algunas variables, que son:

- La caracterización de residuos en función de la tipología de orgánicos, papel y cartón, textiles, jardinería y otros.
- La humedad de los residuos según la tipología antes mencionada, acorde a las características geográficas de donde provienen.
- La altitud de donde se ubican los sitios de disposición final
- La temperatura de donde se ubican los sitios de disposición final
- La presión atmosférica de donde se ubican los sitios de disposición final
- Tiempo de evesuría de los residuos
- Años para el cierre del sitio de disposición final
- Fecha de inicio del funcionamiento del sitio de disposición final

3.3.1 Caracterización de los residuos sólidos

Para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero de los residuos sólidos, se puede utilizar la caracterización de residuos de los años 2014 a 2021. Realizar la caracterización anual para cada cantón es un proceso largo e improductivo. Por lo tanto, se puede utilizar la media de los residuos orgánicos e inorgánicos de los años 2014 a 2021 para todos los años.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la suma de las medias de residuos orgánicos e inorgánicos no necesariamente será igual a 100%. Por lo tanto, es necesario realizar un ajuste para que la suma sea igual a 100%. De acuerdo (Solano, 2022), en el proyecto “Fortalecimiento de las capacidades municipales para la gestión de residuos sólidos a

través de sistemas Basura Cero”, el procedimiento utilizado para obtener este valor fue el siguiente:

El siguiente ejemplo ilustra cómo realizar el ajuste:

		Orgánicos	Inorgánicos	
GUACHAPALA	2014	41,71	58,28	
	2015	48,99	51,01	
	2016	48,99	51,01	
	2017	54,23	45,77	
	2018	54,23	45,77	
	2019	54,23	45,77	
	2020	56,25	43,75	
	2021	56,25	43,75	
				suma
	promedios	51,8593104	48,1394396	99,99875

Gráfica 2. Ajuste de la caracterización de residuos sólidos tomado del proyecto

Fuente: Solano, 2022

Estos datos se tomaron del proyecto “Fortalecimiento de las capacidades municipales para la gestión de residuos sólidos a través de sistemas Basura Cero”

En este escenario, las medias combinadas caen justo por debajo del 100%. Como resultado, este total se convierte en el nuevo 100%, y los equivalentes correspondientes se calculan utilizando una relación proporcional directa.

				suma
promedios	51,8593104	48,1394396		99,99875
equivalentes si 99 es a 100	51,86	48,14		100

Gráfica 3. Equivalentes respectivos

Fuente: Solano, 2022

Este proceso se realiza para todas las ciudades y arroja las principales características que se utilizarán en cada análisis.

3.3.2 Humedad de los residuos según tipología

La humedad considerada se toma del proyecto “Fortalecimiento de las capacidades municipales para la gestión de residuos sólidos a través de sistemas Basura Cero” el cual considera varias literaturas para obtener las humedades finales para cada región del País, Estos valores los podemos observar en la tabla 1.

Tabla 2. Humedad

	Región			
	Costa	Sierra	Amazonía	Insular
Tipo de residuos	% de humedad	% de humedad	% de humedad	% de humedad
Putrescibles	70	69	69,12	70
Papel y cartón	5	15	15,35	5,2
Textil	10	17	18	10
Jardinería	12	12	12	12

Fuente: Solano, 2022

3.3.3 Altitud de los sitios de disposición final

Estos datos se tomaron del proyecto “Fortalecimiento de las capacidades municipales para la gestión de residuos sólidos a través de sistemas Basura Cero”

3.3.4 Temperatura de los sitios de disposición final

Los datos de temperatura para los vertederos se obtuvieron del proyecto “Fortalecimiento de las capacidades municipales para la gestión de residuos sólidos a través de sistemas Basura Cero”. Esta información se encuentra en una base de datos geográfica del estado ecuatoriano, que contiene información histórica y proyectada (MAATE, 2023).

Dentro del proyecto mencionado se especifica que el proceso utilizado consiste en descargar la información del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE). Según el píxel deseado para determinar la ubicación de los vertederos. Una vez identificada la ubicación, se descargaron los datos de temperatura diarios para un año determinado. Para simplificar los datos a efectos de cálculo, se determinaron las temperaturas mensuales y anuales. En última instancia, se obtuvo un único valor de temperatura para utilizarlo en el modelo Corenostós.

De igual manera se especifica que para reducir los valores a mensuales, anuales y generales, se aplicó la media logarítmica de los datos. En primer lugar, se calculó la media de todas las temperaturas diarias de cada mes para obtener las medias mensuales. Y a continuación, se calcula una media final de todas las medias mensuales para obtener las medias anuales. Por último, se calcula la media logarítmica entre las medias anuales obtenidas de los años 1985 a 2015. Este proceso se llevó a cabo para cada vertedero.

La utilización de la media logarítmica, es usual utilizarla en procesos que involucran temperaturas que no tienen variación uniforme o que representan largos periodos de tiempo, permitiendo acoplar mejor los datos que carecen de linealidad (Rubio et al., 2009) y (C. Gallardo et al., 2004). La media logarítmica también se usa cuando los datos tienen variaciones exponenciales y logarítmicas, centralizando mejor los datos cuando se trata de escalas extensas de datos, adaptándose correctamente en el caso de la temperatura ambiental, puesto que se ha comprobado que las anomalías climáticas además han generado temperaturas de alta variación (Hansen et al., 2012) y (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), 2024), con consecuencias como un acelerado aumento de la misma en los últimos años (ADRA, 2021), (Curry et al., 2017) y (NASA, 2024).

3.3.5 Presión atmosférica de los sitios de disposición final

Datos tomados del proyecto “Fortalecimiento de las capacidades municipales para la gestión de residuos sólidos a través de sistemas Basura Cero”

3.3.6 Tiempo de eversuria, años para el cierre y fecha de inicio de funcionamiento del sitio de disposición final

Para la Eversuría (tiempo que tardarán los residuos en descomponerse después del cierre del sitio de disposición final), se ha adoptado el valor de 15 años, establecido por (Echeverry & Collazos 2013).

En relación con el tiempo de cierre de los sitios de disposición final se ha adoptado según el caso o escenario analizado. En el presente análisis, se ha considerado un máximo de 30 años.

Para facilitar los cálculos, se ha asumido que todos los sitios de disposición final comenzaron a operar a inicios del año 2014, el cual es un dato hipotético pues como se conoce existen SDF que ya estaban operativos en esas fechas u otros que cerraron y volvieron a abrir en el mismo lugar o cercanos.

El factor denominado “a.c.d.l” es un factor de ajuste de mayoración para la cantidad de gas metano y carbónico (CO2), que está en función de las variables de temperatura y presión atmosférica, puesto que los primeros cálculos los asume basado en que las cantidades individuales de metano y carbono aparecen a condiciones de 20° y 0 m.sn.m.

3.4 Sección 2. Consideraciones generales

Al existir 3 escenarios para cuantificación de gases y lixiviados a excepción del escenario 1, todos requieren tener datos proyectados para los análisis respectivos. Los sitios de disposición final se asumen comenzando a operar en el año 2014 y culminando su vida útil en el año 2043. A partir de este año, se contabilizan 15 años adicionales para consideración de la eversuría, es decir hasta el año 2058. Por lo tanto, la información requerida debe alcanzar hasta el año 2043.

En este estudio, se proyectan dos variables principales: la población y la generación per cápita diaria (PPC) de residuos. La información para estas variables está disponible en el proyecto “Fortalecimiento de las capacidades municipales para la gestión de residuos sólidos a través de sistemas Basura Cero” (Solano, 2022). La caracterización de residuos se mantiene constante, ya que su cambio no es significativo año a año, como se puede observar en los diferentes informes de residuos sólidos proporcionados por el (Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), 2023). Una proyección de esta variable requeriría de una serie de variables adicionales, ya que los datos base no son muy constantes. Estas variables, conocidas como econométricas, incluyen el PIB del sitio analizado, la movilidad de las personas, los niveles socioeconómicos, entre otras.

- Proyección poblacional

Para obtener los datos de población hasta el año 2043, se toma como base la información proporcionada por el INEC en el documento de población estimada hasta el año 2030.

Con este documento y siguiendo las referencias bibliográficas de (Zúñiga & Guamán, 2020), se utiliza la proyección geométrica o exponencial para encontrar la población futura. La ecuación de la proyección se expresa como:

$P_o = P_i * e^{r(A_o - A_i)}$	<p>Po = Población a año proyectado Pi = Población a año inicial (2010) r = índice de crecimiento anual poblacional. Ao = Año proyectado Ai = Año inicial (2010)</p>
$r = \ln\left(\frac{p_f}{p_i}\right) * \left(\frac{1}{t_f - t_i}\right)$	<p>En donde pf es la población del año del rango superior (2030); pi es la población del año del rango inferior (2010); tf es el año final y ti es el año inicial.</p>

Gráfica 4. Fórmula para cálculo de población

Fuente: Zúñiga & Guamán, 2020

Este cálculo se realiza para los 221 cantones a nivel nacional en donde se obtienen datos desde el 2014 al 2030 en el (INEC) y desde el año 2031 los datos se encuentran bajo la modelación matemática del mismo sitio de información geográfica.

- Proyección de la generación per cápita diaria (PPC)

De acuerdo con Collazos, (2013), la generación per cápita diaria de residuos sólidos en Latinoamérica crece anualmente a una tasa del 0,7%. En Ecuador la GPD para el año 2022, es

de 0,74 kg por habitante (INEC, 2022). Esto significa que, por ejemplo, tomando el valor de 0,74 kg/hab*día + (0,007 * 0,74 kg/hab*día), es decir 0,7451 kg/hab*día.

El crecimiento de la generación per cápita diaria se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$dpg_p = dpg_p * (1 + 0,7/100)^j \text{ (Cobos et al., 2022) (Ecuación 3)}$$

La estimación de la cantidad diaria de residuos sólidos urbanos por persona (dpgp) se determina utilizando la fórmula (3), en la cual el valor del 0,7% representa una constante definida por Collazos y Duque en 1993 para el aumento anual por persona. Esta cifra del 0,70% se adopta de la obra de Collazos, ya que en Ecuador aún no se dispone de un índice oficial para el crecimiento anual de la generación por persona.

La segunda hoja para utilizar del modelo de Corenostós es la siguiente:

Su basura estará compuesta por: 46 % de putrescible, 5 % de papel, 9 % de textiles, 0 % de jardinería y 40 % de otros produciendo 0,19705 metros cúbicos de lixiviados y 118,83 metros cúbicos de gases por tonelada descompuesta a c.d.l. y al 50%											
basura	mes	lixiviados m ³ / mes	gas a.c.d.l. m ³ / mes	lixiv totales m ³ / mes	percolados l / mes	espesor co-bertura	tipo de cubierta	pendiente %	lluvias mm / mes	evap mm / mes	área expuesta m ² al mes
7.632.05	1	18,80	11.337	18,80	0,000	¿al aire?					ene-25
7.632.05	2	37,60	22.673	37,60	0,000	¿al aire?					feb-25
7.632.05	3	56,40	34.010	56,40	0,000	¿al aire?					mar-25
7.632.05	4	75,20	45.346	75,20	0,000	¿al aire?					abr-25
7.632.05	5	94,00	56.683	94,00	0,000	¿al aire?					may-25
7.632.05	6	112,79	68.019	112,79	0,000	¿al aire?					jun-25
7.632.05	7	131,59	79.356	131,59	0,000	¿al aire?					jul-25
7.632.05	8	150,39	90.692	150,39	0,000	¿al aire?					ago-25
7.632.05	9	169,19	102.029	169,19	0,000	¿al aire?					sep-25
7.632.05	10	187,99	113.365	187,99	0,000	¿al aire?					oct-25
7.632.05	11	206,79	124.702	206,79	0,000	¿al aire?					nov-25
7.632.05	12	225,59	136.038	225,59	0,000	¿al aire?					dic-25

Gráfica 5. Hoja calculo Mensual del Modelo computacional CorenostósV3

Autor: Echeverry & Collazos, 2013

Como se indica en la hoja, la siguiente variable a utilizar es la cantidad de residuos sólidos urbanos generados mensualmente.

- Proyección de la cantidad de residuos sólidos urbanos generados (PPC)

La proyección de generación se basa en la ecuación 2, que considera los valores de población y ppc antes proyectados para su respectivo calculo. Cabe destacar que las unidades de PPC son (Kg/hab/día), por lo tanto, la ecuación nos da el valor en unidades de Kg/día generados. De esta forma para tener la generación en T/mes, se multiplica al valor obtenido por 30 días y se transforma a toneladas.

Todos estos datos son tomados del proyecto “Fortalecimiento de las capacidades municipales para la gestión de residuos sólidos a través de sistemas Basura Cero”

- Estimación de Metano

El Modelo de Corenostós en general detalla la cantidad de gases de efecto invernadero que se generan en los sitios de disposición final, adicionalmente también brinda la cantidad de gases metano, carbónico y otros generados por tonelada de residuos y/o desechos dispuestos, el cual está en función de cada uno de los sitios de disposición final. De esta manera, se observó que, bajo este método, para el caso de los cantones del Ecuador, éstos van entre el 51 y 54% del total de gases. El valor final adoptado fue de 53,13%, que resultó de un promedio total de cada uno de los porcentajes obtenidos para cada sitio de disposición final.

Altitud (m sobre n.m.)	2548		pu	0,00906385	0,06797887	0,00368219	0,05325011	0,00056649	0,00708113
Temperatura	16,0	13,7	pa	0,00274886	0,01992926	0,00013744	0,02015833	0,00009163	0,00274886
Presión atmosférica	1020,0	997	te	0,00505836	0,04196141	0,00360217	0,02387394	0,00022993	0,00191605
factor a c. d. l.	0,380		ja	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
presión atm (mm de Hg)	748		Total ton	0,01687107	0,12986954	0,00742180	0,09728238	0,00088804	0,01174604
			Mol - total	0,008436	0,005411	0,000265	0,003040	0,000444	0,005873
1,000000000			lixiviados		Metano	Carbónico	Amoniaco	Agua	S y cenizas
0,125722			0,1970541	0,0464102	0,1104660	0,0045061	0,0356599	0,0063170	
0,125722			gases total						
0,264079			118,83084	65,01784174	56,274895				
m³ de gases a c. d. l.									

Gráfica 6. Estimación de metano
Autor: Echeverry & Collazos, 2013

3.4.1 Consideraciones de caracterizaciones y cálculo para el análisis de escenarios que realizan cálculos proyectivos

Una vez introducidos todos los datos en la tabla Corenostós, se realizan los cálculos respectivos y las sumas por periodos, según proceda. Por ejemplo, para arenillas, el resultado final de gases totales y lixiviados, manteniendo las condiciones actuales, puede resumirse en la siguiente tabla.

Tabla 3. Cálculo para el análisis de escenarios

Años	Lixiviados m3	Gases m3
2014-2023	4838,594	5722135,144
2024-2043	29429,311	5722135,144
2044-2058	4196,054	4962266,365

Fuente: Solano, 2022

Mientras que, para el mismo escenario de condiciones actuales, todos los resultados de todos los cantones se suman, para obtener el total nacional por periodos de tiempo y por región.

3.5 Ejemplo del uso de parámetros para el cantón Guayaquil (cantón de mayor generación de metano)

Variables de entrada

- Caracterización de los residuos sólidos

Tonelaje depuesto	1
% putrescible	55,07
% papel y cartón	6,41
% textiles	1,21
% jardinería	0
% otros	37,31

Gráfica 7. Caracterización de los residuos sólidos
Autor: Echeverry & Collazos, 2013

- Humedad de los residuos

% humedad pu	70	o si no: 51
% humedad pa	5	o si no: 10
% humedad te	10	o si no: 9
% humedad ja	12	o si no: 12
% descomposición	50	o si no 50

Gráfica 8. Humedad de los residuos
Autor: Echeverry & Collazos, 2013

El porcentaje de descomposición (% descomposición), es recomendada por el mismo programa.

- Variables climatológicas

Altitud (m sobre n m)	67,2
Temperatura	28,6
Presión atmosférica	1010,0
factor a c. d. l.	1,033
presión atm (mm de Hg)	760

Gráfica 9. Variables Climatológicas
Autor: Echeverry & Collazos, 2013

El factor a c.d.l. es procesada por el mismo programa.

- Condiciones de descomposición

oversuria, (en años)	15	o si no 15					
% descomp 1 ^{er} año	15	o si no 15					1,0000000
% descomp final	5	o si no 5					
años para el cierre	30	0,455316	factor anual de descomposición del mes 13 al 60				
fecha de inicio	ene-14	0,000417	factor mensual de descomposición del mes 61 al 540				

Gráfica 10. Condiciones de descomposición
Autor: Echeverry & Collazos, 2013

Resultados por mes

Se toma en cuenta los datos de entrada que está representado por basura ton/mes, de todo el tiempo de estudio.

Este relleno se inicia en	ene-2014	Se cierra en	dic-2043	Continúa activo hasta	dic-2058	540 meses	45 años				
Su basura estará compuesta por: 55 % de putrescible, 6 % de papel, 1 % de textiles, 0 % de jardinería y 37 % de otros produciendo 0,21088 metros cúbicos de lixiviados y 107,77 metros cúbicos de gases por tonelada descompuesta a c.d. l. y al 50%											
	borrar		llenar								
pasura	mes	lixiviados _{lit}	m ³ gas a.c.d.l.	lixiv totales	percolados	espesor co- bertura cm	tipo de cubierta	pendiente %	lluvias _{mm}	evap _{mm}	área expuesta
ton / mes		m ³ / mes		m ³ / mes	l / mes				m m / mes		m ² al mes
46.099,96	1	121,52	62.103	121,52	0,000	¿al aire?					ene-14
46.099,96	2	243,05	124.205	243,05	0,000	¿al aire?					feb-14
46.099,96	3	364,57	186.308	364,57	0,000	¿al aire?					mar-14
46.099,96	4	486,10	248.411	486,10	0,000	¿al aire?					abr-14
46.099,96	5	607,62	310.514	607,62	0,000	¿al aire?					may-14
46.099,96	6	729,15	372.616	729,15	0,000	¿al aire?					jun-14
46.099,96	7	850,67	434.719	850,67	0,000	¿al aire?					jul-14
46.099,96	8	972,19	496.822	972,19	0,000	¿al aire?					ago-14
46.099,96	9	1.093,72	558.925	1.093,72	0,000	¿al aire?					sep-14
46.099,96	10	1.215,24	621.027	1.215,24	0,000	¿al aire?					oct-14
46.099,96	11	1.336,77	683.130	1.336,77	0,000	¿al aire?					nov-14
46.099,96	12	1.458,29	745.233	1.458,29	0,000	¿al aire?					dic-14
54.373,81	13	1.848,98	944.888	1.848,98	0,000	¿al aire?					ene-15
54.373,81	14	2.239,67	1.144.543	2.239,67	0,000	¿al aire?					feb-15
54.373,81	15	2.630,36	1.344.198	2.630,36	0,000	¿al aire?					mar-15
54.373,81	16	3.021,05	1.543.853	3.021,05	0,000	¿al aire?					abr-15

Gráfica 11. Resultados por mes
Autor: Echeverry & Collazos, 2013

Una vez ingresados los datos de entrada requeridos por el programa (hoja de cálculo), generalmente ubicados en las casillas de color gris se selecciona la opción “llenar”, para obtener todos los resultados de la manera descrita desde el apartado 3.3 hasta el 3.4.

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras el procesamiento de la información se encuentra que la generación de emisiones de metano en el Ecuador está dominada en su mayoría por 15 cantones a nivel nacional, de modo que históricamente al realizar la respectiva suma entre los años 2014 al 2023, estos representan el 63,55% del total nacional con una cantidad total de 821,23 kton de CH₄, para 29334833,39 toneladas de residuos sólidos, de un total de 1288,15 kton de CH₄ (correspondiente a 46370938,86 toneladas de residuos) totales. El detalle de estas emisiones anualmente se observa en la tabla 4 y 5. Para un mayor detalle de la información de cada uno de los cantones, remítase al anexo 1 para las emisiones de metano y al anexo 2 para la generación de residuos sólidos.

Tabla 4: 15 mayores generadores de metano Kton en el periodo 2014 – 2023

15 mayores generadores de metano Kton en el periodo 2014 – 2023.																
Nº	Provincia	Región	Cantón	Sitio de Disposición Final	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Total	Porcentaje
1	Guayas	Costa	Guayaquil	Relleno Sanitario	1,75	8,86	17,02	22	27,2	34,8	40	43,1	49,4	55,70	299,88	23,28%
2	Pichincha	Sierra	Quito	Relleno Sanitario	2,19	10,7	19,6	23,9	25,2	26,6	28,5	29,67	30,6	31,46	228,43	17,73%
3	Azuay	Sierra	Cuenca	Relleno Sanitario	0,34	1,68	3,12	3,92	4,29	4,51	4,63	4,67	4,75	4,86	36,77	2,85%
4	Santo domingo de los tsáchilas	Costa	Santo domingo	Relleno Sanitario	0,38	1,86	3,32	3,79	3,97	4,22	4,47	4,71	4,73	4,66	36,1	2,80%
5	Guayas	Costa	Durán	Relleno Sanitario	0,27	1,31	2,41	2,91	3,08	3,23	3,56	4,2	4,86	5,25	31,07	2,41%
6	El oro	Costa	Machala	Relleno Sanitario	0,19	0,93	1,82	2,56	2,97	3,27	3,57	3,67	3,93	4,26	27,16	2,11%
7	Tungurahua	Sierra	Ambato	Relleno Sanitario	0,24	1,16	2,1	2,66	2,92	3,12	3,38	3,54	3,64	3,73	26,49	2,06%
8	Manabi	Costa	Portoviejo	Celda Emergente	0,24	1,19	2,15	2,58	2,7	2,53	2,49	2,64	2,73	2,81	22,06	1,71%
9	Manabi	Costa	Manta	Relleno Sanitario	0,17	0,82	1,54	2,02	2,34	2,47	2,58	2,76	2,94	3,05	20,68	1,61%
10	Esmeraldas	Costa	Esmeraldas	Botadero	0,18	0,87	1,58	1,92	2,1	2,18	2,23	2,33	2,44	2,50	18,34	1,42%
11	Loja	Sierra	Loja	Relleno Sanitario	0,14	0,68	1,29	1,68	1,86	1,98	2,1	2,1	2,1	2,14	16,07	1,25%
12	Los ríos	Costa	Quevedo	Celda Emergente	0,13	0,65	1,18	1,44	1,66	2,07	2,38	2,27	2,06	1,99	15,85	1,23%
13	Chimboraz	Sierra	Riobamba	Celda Emergente	0,15	0,71	1,3	1,6	1,75	1,83	1,91	1,96	2	2,04	15,26	1,18%
14	Imbabura	Sierra	Ibarra	Relleno Sanitario	0,13	0,64	1,17	1,47	1,62	1,7	1,78	1,84	1,88	1,93	14,16	1,10%
15	Los ríos	Costa	Babahoyo		0,12	0,61	1,12	1,4	1,56	1,6	1,6	1,62	1,63	1,66	12,92	1,00%
Total															821,23	63,75%

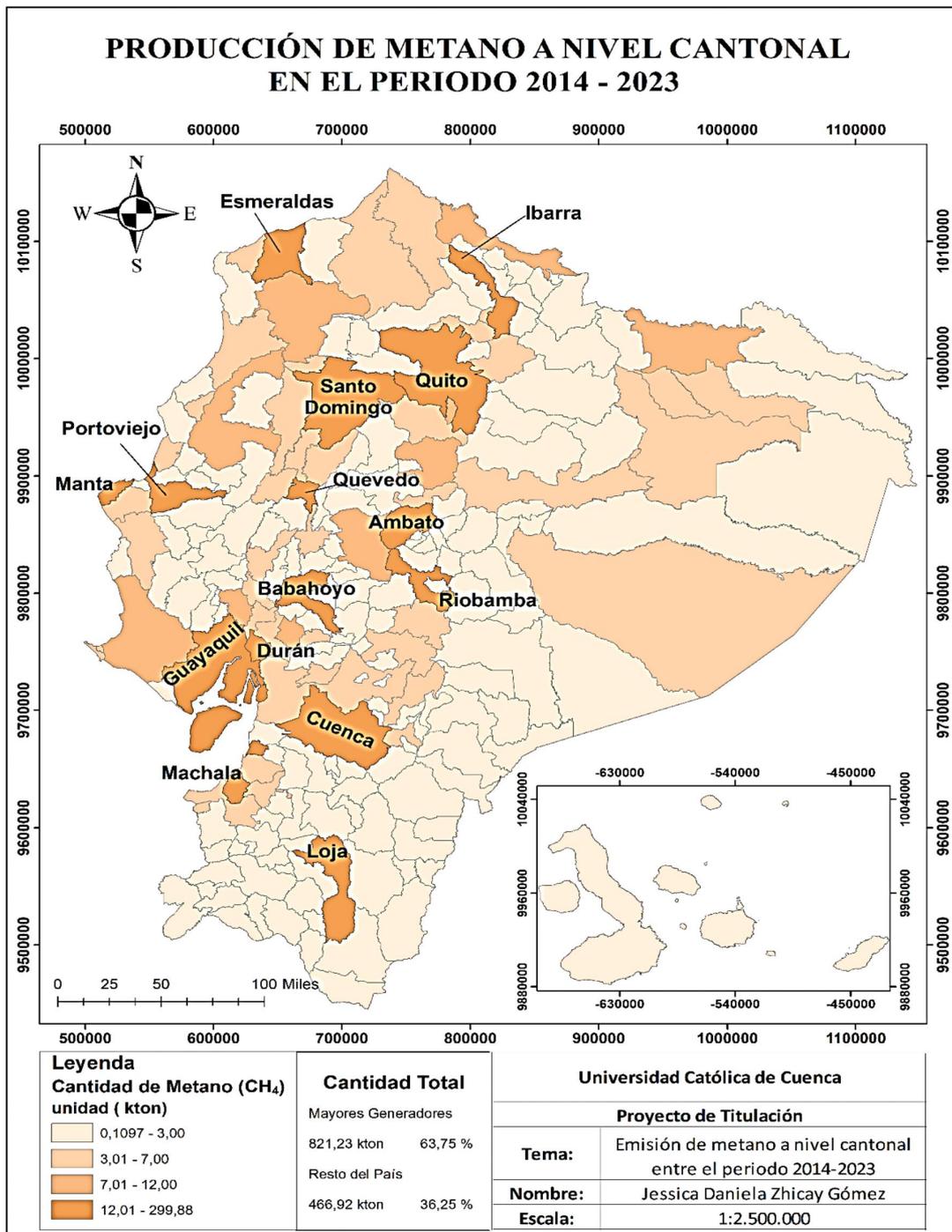
Elaborado por: Autor

Tabla 5: 15 mayores generadores de residuos sólidos en el periodo 2014 – 2023

Cantidad de residuos sólidos generado en el Ecuador entre los años 2014 - 2023																	
N.º	Provincia	Región	Cantón	Sitio de Disposición Final	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Total	Porcentaje	
1	Guayas	Costa	Guayaquil	Guayaquil	553199,54	652485,71	659571,95	809336,65	1231165,9	1146143,1	1127597,3	1583201,1	1608367,2	1633406,3	11004474,8	23,73%	
2	Pichincha	Sierra	Quito	Quito	748596,79	753268,04	813690,16	666324,54	850883,68	866760,68	881223,87	895626,86	916330,20	937205,62	8329910,44	17,96%	
3	Santo Domingo de los Tsáchilas	Costa	Santo Domingo	Santo Domingo	127248,39	129709,09	107581,32	113495,59	129116,98	131422,37	145278,14	125934,21	128943,56	131973,81	1270703,46	2,74%	
4	Guayas	Costa	Duran	Duran	69289,33	71132,46	73001,66	63289,08	76804,73	78739,88	113660,64	116446,32	120096,71	123821,71	906282,52	1,95%	
5	Azuay	Sierra	Cuenca	Cuenca	98395,08	102436,54	115084,02	103159,00	119466,38	112639,50	114659,28	116670,96	119507,80	122368,23	1124386,8	2,42%	
6	El oro	Costa	Machala	Machala	60274,49	61020,65	99600,84	73050,51	101893,32	103003,20	91599,87	117777,14	119780,26	121780,72	949780,99	2,05%	
7	Tungurahua	Sierra	Ambato	Ambato	68791,80	63084,44	82489,81	64638,95	84486,33	86851,02	87841,68	88821,23	90416,82	92015,91	809438	1,75%	
8	Manabí	Costa	Manta	Manta	54342,87	55008,70	69341,46	69199,11	69944,04	70662,51	82772,81	83546,10	84877,14	86190,96	725885,71	1,57%	
9	Manabí	Costa	Portoviejo	Portoviejo	84331,72	85228,74	83857,14	84665,52	56959,92	80434,62	81093,60	81720,83	82889,98	84039,04	805221,12	1,74%	
10	Santa Elena	Costa	Santa Elena	Santa Elena	37830,76	38757,66	39692,85	30477,25	36387,59	37223,83	61857,76	68102,04	70084,74	72102,96	492517,44	1,06%	
11	Los ríos	Costa	Quevedo	Quevedo	55672,70	56669,47	57662,50	58651,20	96905,95	98495,75	65435,65	66462,59	67957,33	69463,53	693376,67	1,50%	
12	Loja	Sierra	Loja	Loja	49053,51	50092,16	65739,60	51235,87	65552,76	66823,82	59208,19	62313,87	63882,42	65463,09	599365,28	1,29%	
13	Imbabura	Sierra	Ibarra	Ibarra	46365,00	47132,47	53141,03	48668,54	54839,49	55683,99	56525,68	57362,01	58599,54	59846,67	538164,43	1,16%	
14	Esmeraldas	Costa	Esmeraldas	Esmeraldas	49016,40	49566,92	50093,92	50980,71	51851,97	52316,52	57481,46	57937,68	58778,84	59604,68	537629,1	1,16%	
15	Chimborazo	Sierra	Riobamba	Riobamba	49767,18	48578,81	54618,84	49720,91	55856,95	56453,76	57034,37	57599,21	58556,41	59510,16	547696,6	1,18%	
															Total	29334833,39	63,26%

Elaborado por: Autor

De acuerdo con los datos de las tablas 4 y 5 en conjunto con los anexos 1 y 2, se observa que históricamente solo los 15 cantones más generadores pasaron la línea de las 12 kton de emisiones de metano, y de estos 15 solo Guayaquil y Quito (que representan el 41,01%) sobrepasan las 200 kton, los 13 restantes van desde valores superiores a 12kton, hasta el valor de 37kton. La distribución de emisiones a nivel cantonal y su respectiva generación estimada se detalla en el mapa 2



Mapa 2. Producción de metano a nivel cantonal en el periodo 2014 - 2023
Elaborado por: Autor

Para considerar las generaciones a futuro se toma en cuenta lo que comúnmente se conoce como el peor escenario es decir se mantiene el sistema actual sin programas de gestión de residuos sólidos que ayuden a su minimización a lo largo del tiempo. De esta manera con proceso análogo al efectuado para los datos históricos se obtiene que los 15 cantones principales de emisiones a nivel nacional representan el 66,63% es decir aumenta en un 3,08% con relación a los años 2014 -2023.

De este modo, las cantidades de emisiones de metano generadas por los 15 principales cantones para el periodo 2024 – 2058 representan un 66,63% del total nacional con una cantidad de 3764,92kton de CH₄, correspondiente a 90681997,73 toneladas de residuos sólidos, de un total de 5650,606718 kton de CH₄ (correspondiente a 139390723,68 toneladas de residuos sólidos totales). Cabe destacar que la generación de residuos se considera hasta el año 2043 (tiempo de consideración de estudio para disposición de residuos sólidos), para el periodo 2044 – 2058 corresponde únicamente a emisiones generadas por el tiempo que pasan los residuos sólidos enterrados hasta su descomposición final, que por lo general representan 15 años a partir del cierre del sitio de disposición final.

Los detalles para las emisiones de metano se evidencian en la tabla 6 y grafica 12, mientras que para los residuos sólidos generados se observa en la tabla 7. Para ver la información completa de los 221 cantones remítase al anexo 3 y 4.

Tabla 6. Proyección de emisiones de metano CH₄ en el periodo 2024-2058

Proyección de emisión de metano (CH ₄) en el periodo 2024-2058								
N°	Cantones	Provincia	Región	Sitio de disposición final	2024-2043	2044 - 2058	Total (kton)	Porcentaje
1	Guayaquil	Guayas	Costa	Relleno sanitario	1435,01	190,86	1625,87	28,77%
2	Quito	Pichincha	Sierra	Relleno sanitario	816,59	115,55	932,14	16,50%
3	Durán	Guayas	Costa	Relleno sanitario	153,09	23,36	176,46	3,12%
4	Cuenca	Azuay	Sierra	Relleno sanitario	127,4	18,21	145,61	2,58%
5	Santo Domingo	Santo Domingo de los Tsáchilas	Costa	Relleno sanitario	117,84	16,75	134,59	2,38%
6	Machala	El oro	Costa	Relleno sanitario	108,43	14,56	122,99	2,18%
7	Ambato	Tungurahua	Sierra	Relleno sanitario	91,78	12,37	104,15	1,84%
8	Manta	Manabí	Costa	Relleno sanitario	74,14	9,83	83,97	1,49%
9	Portoviejo	Manabí	Costa	Celda emergente	66,36	8,65	75,02	1,33%
10	Esmeraldas	Esmeraldas	Costa	Botadero	59,62	7,81	67,43	1,19%
11	Loja	Loja	Sierra	Relleno sanitario	56,29	8,11	64,4	1,14%
12	Santa Elena	Santa Elena	Costa	Botadero	54,73	8,21	62,93	1,11%
13	Latacunga	Cotopaxi	Sierra	Celda emergente	50,39	6,94	57,33	1,01%
14	Riobamba	Chimborazo	Sierra	Celda emergente	49,38	6,58	55,96	0,99%
15	Ibarra	Imbabura	Sierra	Relleno sanitario	49,21	6,86	56,07	0,99%
Total							3764,92	66,63%

Elaborado por: Autor



Gráfica 12. Cantidad de metano (kton) generado en el Ecuador entre los años 2024-2058
Elaborado por: Autor

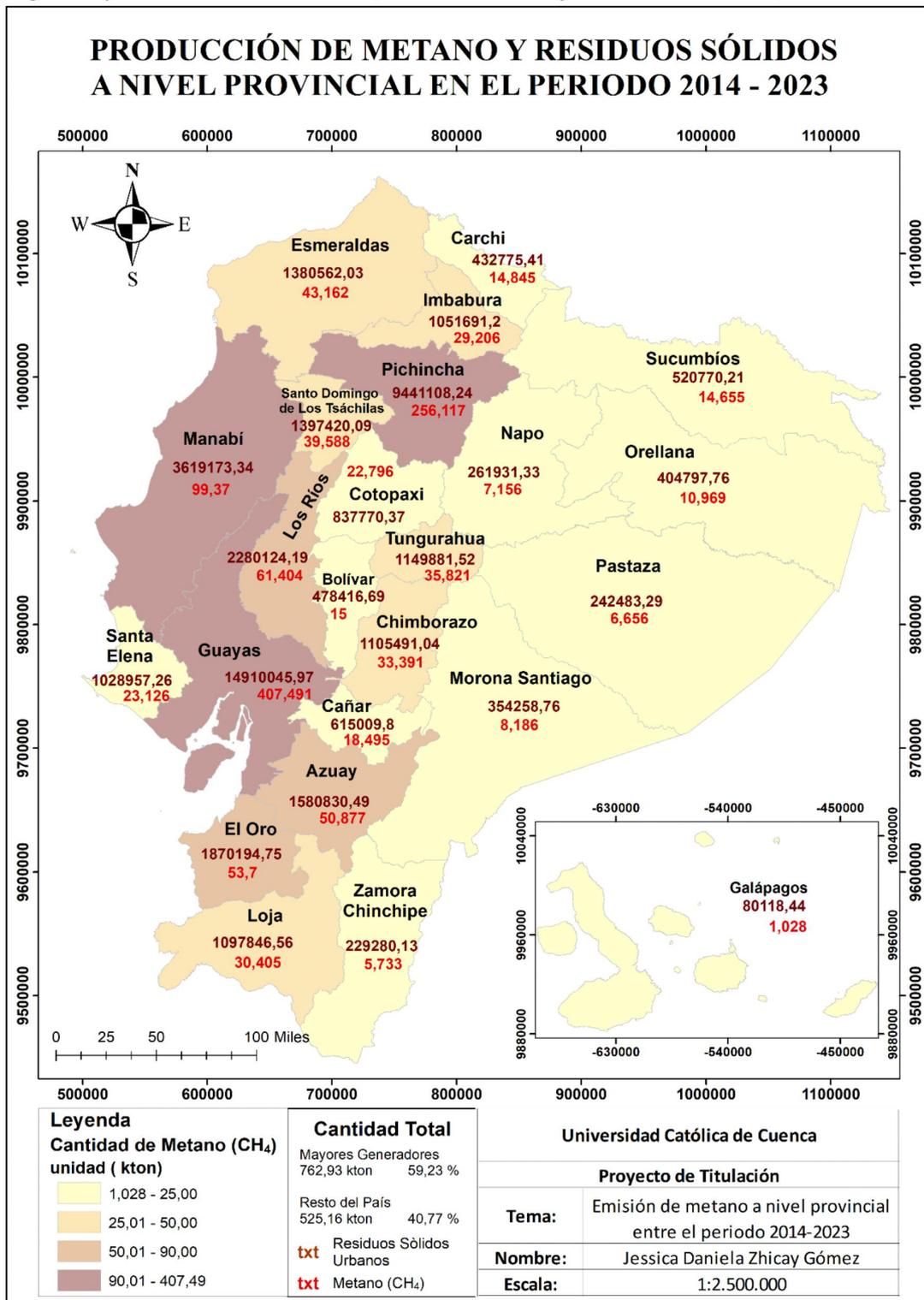
Tabla 7. Proyección de producción de residuos sólidos históricos, periodo 2024-2043

Proyección de producción de residuos sólidos históricos, periodo 2024-2043						
N°	Provincia	Región	Cantones	Sitio de disposición final	Generación residuos ton (2024-2043)	Porcentaje
1	Guayas	Costa	Guayaquil	Relleno Sanitario	38440526,39	27,58%
2	Pichincha	Sierra	Quito	Relleno Sanitario	23876566,86	17,13%
3	Guayas	Costa	Durán	Relleno Sanitario	3454922,99	2,48%
4	Azuay	Sierra	Cuenca	Relleno Sanitario	3157164,43	2,26%
5	Santo Domingo de los Tsáchilas	Costa	Santo domingo	Relleno Sanitario	3385018,12	2,43%
6	El oro	Costa	Machala	Relleno Sanitario	2905771,52	2,08%
7	Tungurahua	Sierra	Ambato	Relleno Sanitario	2215928,15	1,59%
8	Manabí	Costa	Manta	Relleno Sanitario	2025041,64	1,45%
9	Manabí	Costa	Portoviejo	Celda Emergente	1940063,77	1,39%
10	Esmeraldas	Costa	Esmeraldas	Botadero	1380879,57	0,99%
11	Loja	Sierra	Loja	Relleno Sanitario	1702389,48	1,22%
12	Santa elena	Costa	Santa elena	Botadero	1964435,72	1,41%
13	Cotopaxi	Sierra	Latacunga	Celda Emergente	1322765,53	0,95%
14	Chimborazo	Sierra	Riobamba	Celda Emergente	1412427,18	1,01%
15	Imbabura	Sierra	Ibarra	Relleno Sanitario	1498096,38	1,07%
Total					90681997,73	65,06%

Elaborado por: Autor

En el periodo 2014-2023, el análisis del mapa 3 revela la producción de metano junto con los residuos sólidos a nivel provincial. Se destaca que las provincias más significativas en la generación de metano son Guayas, Manabí y Pichincha, formando el grupo más generador con un total de 762,93 kton, lo que representa el 59,23% del total. El resto del país contribuye con

525,16 kton, equivalente al 40,77%. En cuanto a la generación de residuos sólidos, las mismas provincias sobresalen como las principales productoras. Guayas lidera con 407,491 toneladas, seguida por Pichincha con 256,117 toneladas y Manabí con 99,37 toneladas.



Mapa 3 Principales provincias generadoras de metano en el periodo 2014 -2023
Elaborado por: Autor

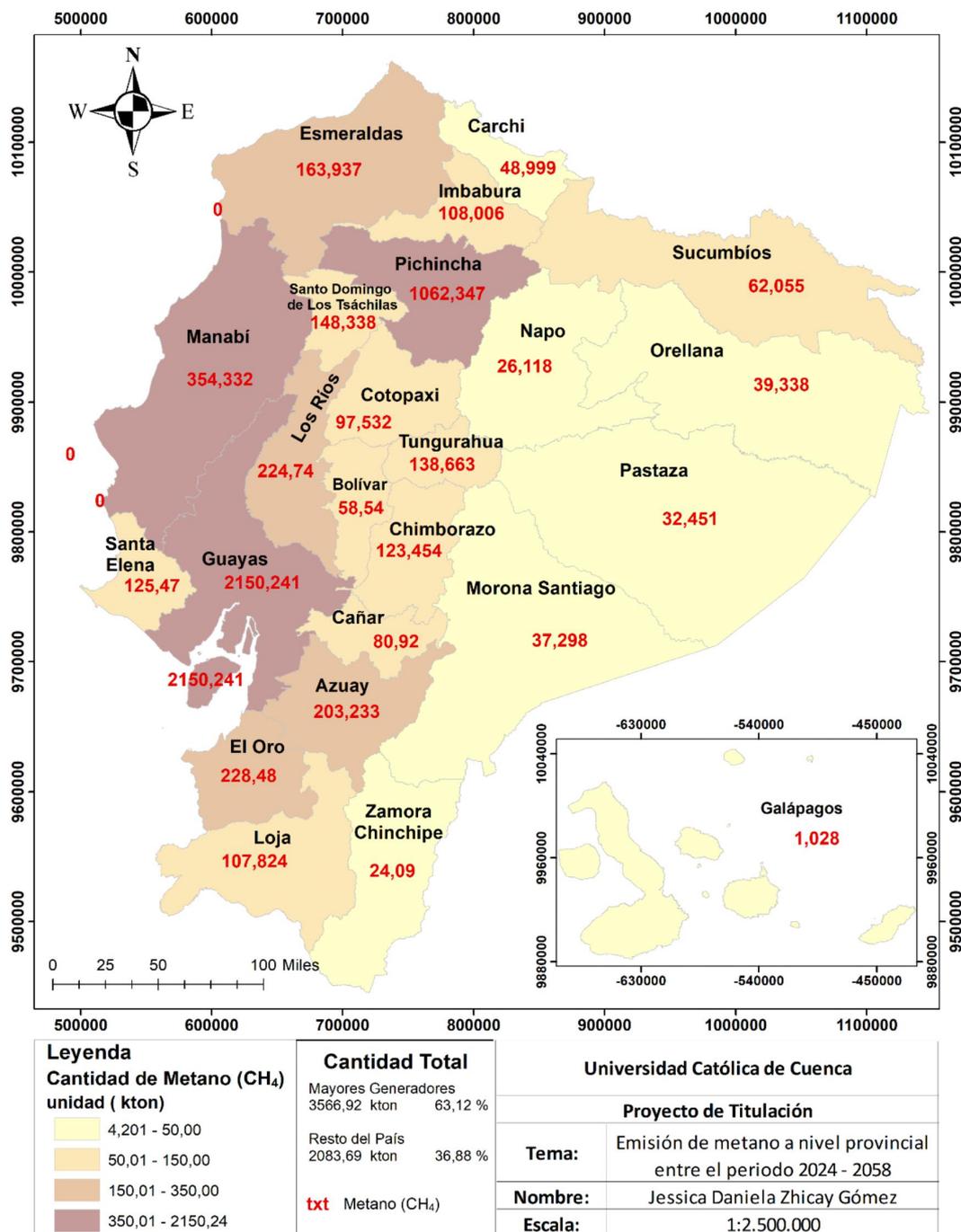
Observados los datos anteriores, se observa que las tres mayores provincias que más emisiones generaran entre los años 2024 al 2058 son Guayas, Pichincha y Manabí con un total de 38,05%, 18,80% y 6,27% respectivamente como se observa en el mapa 4. Para ver el detalle de cada una de las provincias dirijase al anexo 5.

Tabla 8. Proyección de emisiones de metano CH₄ en el periodo 2024-2058 a nivel provincial

Proyección de emisiones de metano CH ₄ en el periodo 2024-2058 a nivel provincial						
N°	Provincia	Región	2024-2043	2044 - 2058	Total metano (kton)	Porcentaje
1	Guayas	Costa	1890,86	259,38	2150,24	38,05%
2	Pichincha	Sierra	929,52	132,82	1062,35	18,80%
3	Manabí	Costa	312,95	41,38	354,33	6,27%
4	El Oro	Costa	201,16	27,32	228,48	4,04%
5	Los Ríos	Costa	197,65	27,09	224,74	3,98%
6	Azuay	Sierra	177,78	25,45	203,23	3,60%
7	Esmeraldas	Costa	144	19,93	163,94	2,90%
8	Santo Domingo de los Tsáchilas	Costa	129,91	18,43	148,34	2,63%
9	Tungurahua	Sierra	122,22	16,45	138,66	2,45%
10	Santa Elena	Costa	109,14	16,33	125,47	2,22%
11	Chimborazo	Sierra	108,93	14,52	123,45	2,18%
12	Imbabura	Sierra	94,45	13,56	108,01	1,91%
13	Loja	Sierra	95,02	12,8	107,82	1,91%
14	Cotopaxi	Sierra	85,77	11,77	97,53	1,73%
15	Cañar	Sierra	70,72	10,2	80,92	1,43%
16	Sucumbíos	Amazonía	53,93	8,13	62,05	1,10%
17	Bolívar	Sierra	51,75	6,79	58,54	1,04%
18	Carchi	Sierra	43,35	5,65	49	0,87%
19	Orellana	Amazonía	34,63	4,71	39,34	0,70%
20	Morona Santiago	Amazonía	32,4	4,89	37,3	0,66%
21	Pastaza	Amazonía	28,11	4,34	32,45	0,57%
22	Napo	Amazonía	22,78	3,34	26,12	0,46%
23	Zamora Chinchipe	Amazonía	20,99	3,1	24,09	0,43%
24	Galapagos	Insular	3,68	0,52	4,2	0,07%
Total					5650,61	100,00%

Elaborado por: Autor

PRODUCCIÓN DE METANO Y RESIDUOS SÓLIDOS A NIVEL PROVINCIAL EN EL PERIODO 2024 - 2058



Mapa 4 Principales provincias generadoras de metano en el periodo 2024 - 2058
Elaborado por: Autor

Otra relación importante por considerar es la cantidad de misiones generadas en función del tamaño de los GADs municipales a nivel nacional, esta clasificación viene dada por el (Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, 2010), en el cual, se considera como GADs pequeños aquellos cuya población es menor a 50.000 habitantes, como GADs medianos desde 50.001 hasta 500.000 habitantes y como GADs grandes con más de 500.001 habitantes (Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, 2010). En función de esto se observa que tan solo los municipios grandes (Guayaquil, Cuenca y Quito) abarcan el 44% de las emisiones históricas, y al mismo ritmo entre los años 2024 al 2058 abarcaran el 48% del total de emisiones (Tabla 9).

Tabla 9. Rangos de emisiones de metano kton por tamaño del Cantón del Ecuador

Rangos de emisiones de metano kton por tamaño del Cantón del Ecuador					
Cantones	Rango (Habitantes)	Histórico (2014-2023)	Porcentaje	Proyectivo (2024-2058)	Porcentaje
Pequeños	1-50000	168,26	13%	627,087618	11%
Medianos	50001-500000	555,85	43%	2319,8997	41%
Grandes	500001-	565,07	44%	2703,6194	48%
Total		1289,18	100%	5650,60672	100,00%

Elaborado por: Autor

Tabla 10. Resultado histórico y proyectivo de producción de metano (Kton) en las regiones del Ecuador

Resultado histórico y proyectivo de producción de metano (Kton) en las regiones del Ecuador				
Periodo	Costa	Sierra	Oriente	Insular
Histórico				
2014	5,782277	4,70421378	0,50800485	0,00813603
2015	28,5792134	23,0090582	2,47915214	0,03986715
2016	53,0888538	42,367461	4,55842165	0,07513127
2017	66,1517507	52,4898078	5,72955531	0,09964482
2018	74,9833455	56,6106479	6,32910163	0,11596359
2019	84,873775	59,8124627	6,51869794	0,12692175
2020	92,7377696	63,769199	6,59449387	0,1356454
2021	98,5345751	66,1827664	6,67613624	0,14041586
2022	107,406802	67,6802728	6,8589282	0,14244572
2023	115,783493	69,235318	7,08120798	0,14522607
Total Histórico	727,921855	505,861208	53,3336998	1,02939767
Porcentaje	56,51%	39,27%	4,14%	0,08%
Proyectivo				
2024-2043	2985,66578	1779,51596	192,835912	3,68165819
2044-2058	409,871597	250,002511	28,5137979	0,5195108
Total Proyectivo	3395,53737	2029,51847	221,34971	4,20116899
Porcentaje	60,09%	35,92%	3,92%	0,07%

Elaborado por: Autor

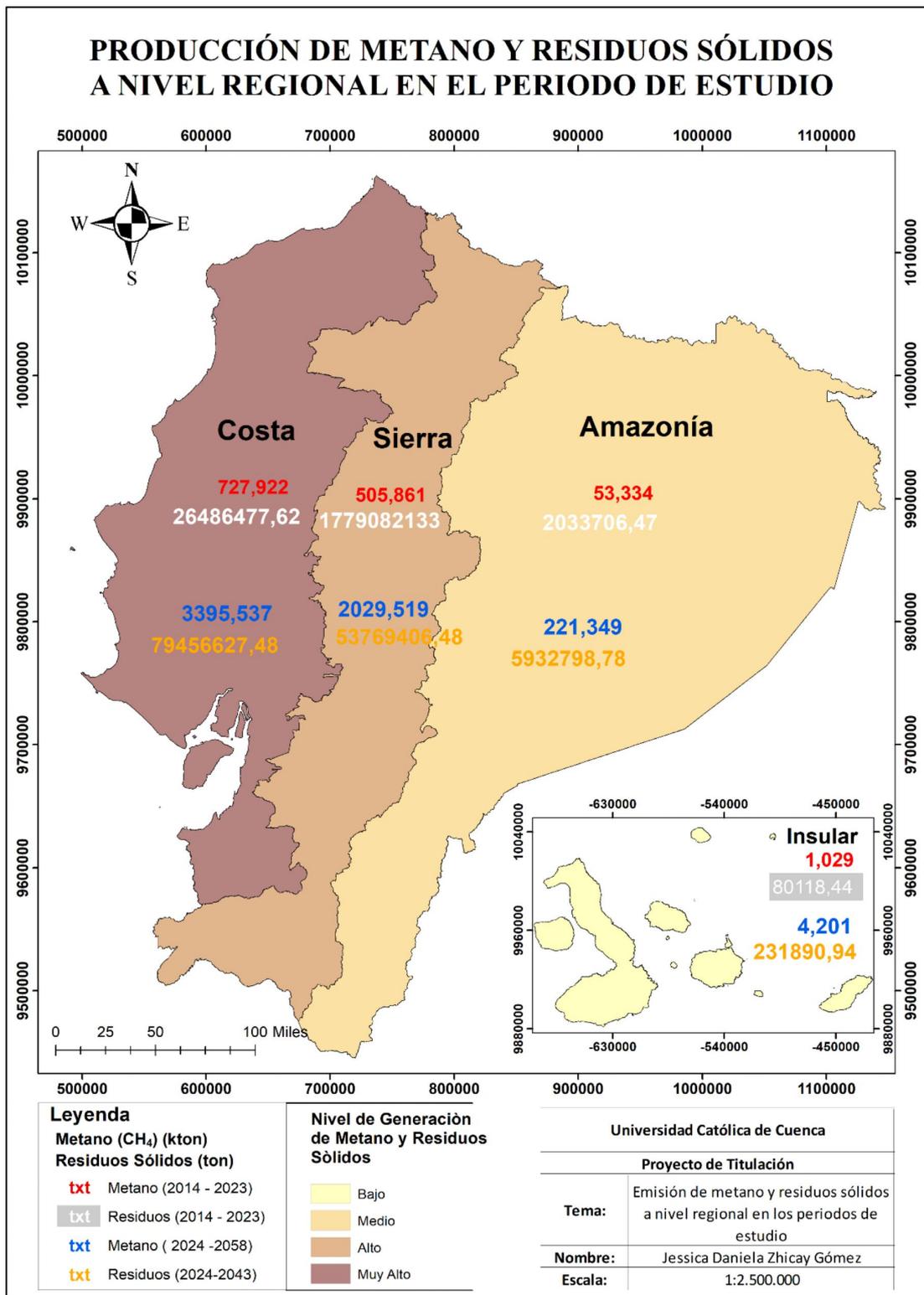
Bajo el análisis de los resultados se denota que la región costa es la principal generadora de emisiones con el 56,51% de CH₄ correspondiente a 26486477,62 toneladas de

residuos sólidos, en contraste a la región insular cuya generación es del 0,08% de CH₄ (1,02 kton) correspondiente a 80118,44 toneladas de residuos sólidos. Tabla 10 y 11.

Tabla 11. Resultado histórico y proyectivo de producción de residuos sólidos en las regiones del Ecuador

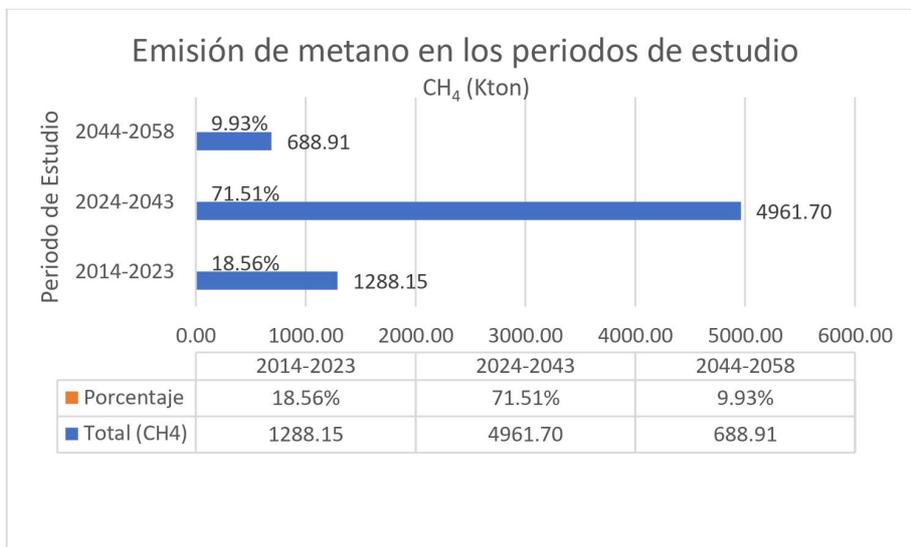
Resultado histórico y proyectivo de producción de residuos sólidos en las regiones del Ecuador				
Periodo	Costa	Sierra	Oriente	Insular
Histórico				
2014	1913560,18	1549894,08	181790,29	6982,01
2015	2027012,89	1566037,89	181746,46	7160,20
2016	2125802,97	1760057,44	208748,53	8168,64
2017	2153815,29	1488032,04	196843,81	7514,83
2018	2757031,95	1815466,64	202609,33	8628,34
2019	2710434,81	1873729,35	201941,32	8825,21
2020	2780956,10	1889029,38	202045,47	8072,52
2021	3277199,83	1908372,15	213705,30	8023,13
2022	3339222,75	1949419,96	219312,27	8254,07
2023	3401440,86	1990782,40	224963,69	8489,50
Total Histórico	26486477,62	17790821,33	2033706,47	80118,44
Porcentaje	57,09%	38,35%	4,38%	0,17%
Proyectivo				
2024-2043	79456627,48	53769406,48	5932798,78	231890,94
Total Proyectivo	79456627,48	53769406,48	5932798,78	231890,94
Porcentaje	57,00%	38,57%	4,26%	0,17%

Elaborado por: Autor

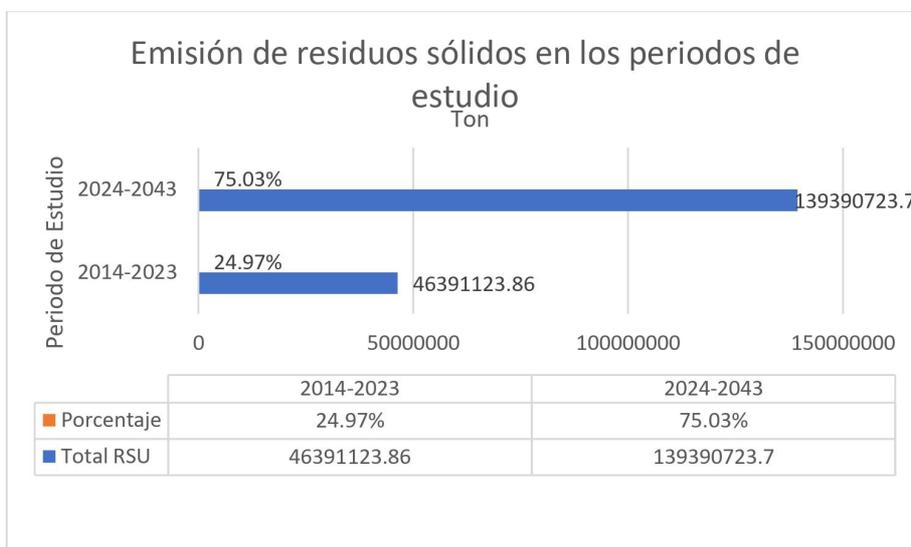


Mapa 5 Producción de metano y residuos sólidos a nivel regional en el periodo de estudio Fuente *Elaborado por: Autor*

Como un resumen general se evidencia que en el periodo 2024 al 2043 las emisiones de metano llegan al 71,51% del total nacional, esto significa 4961,70 kton de CH₄, las cuales corresponden a 139390723,7 toneladas de RSU en el mismo periodo más las emisiones por eversuria de las toneladas dispuestas en el periodo previo. (Gráfica 13 y gráfica 14).



Gráfica 13 Emisión de metano en los periodos de estudio
Elaborado por: Autor



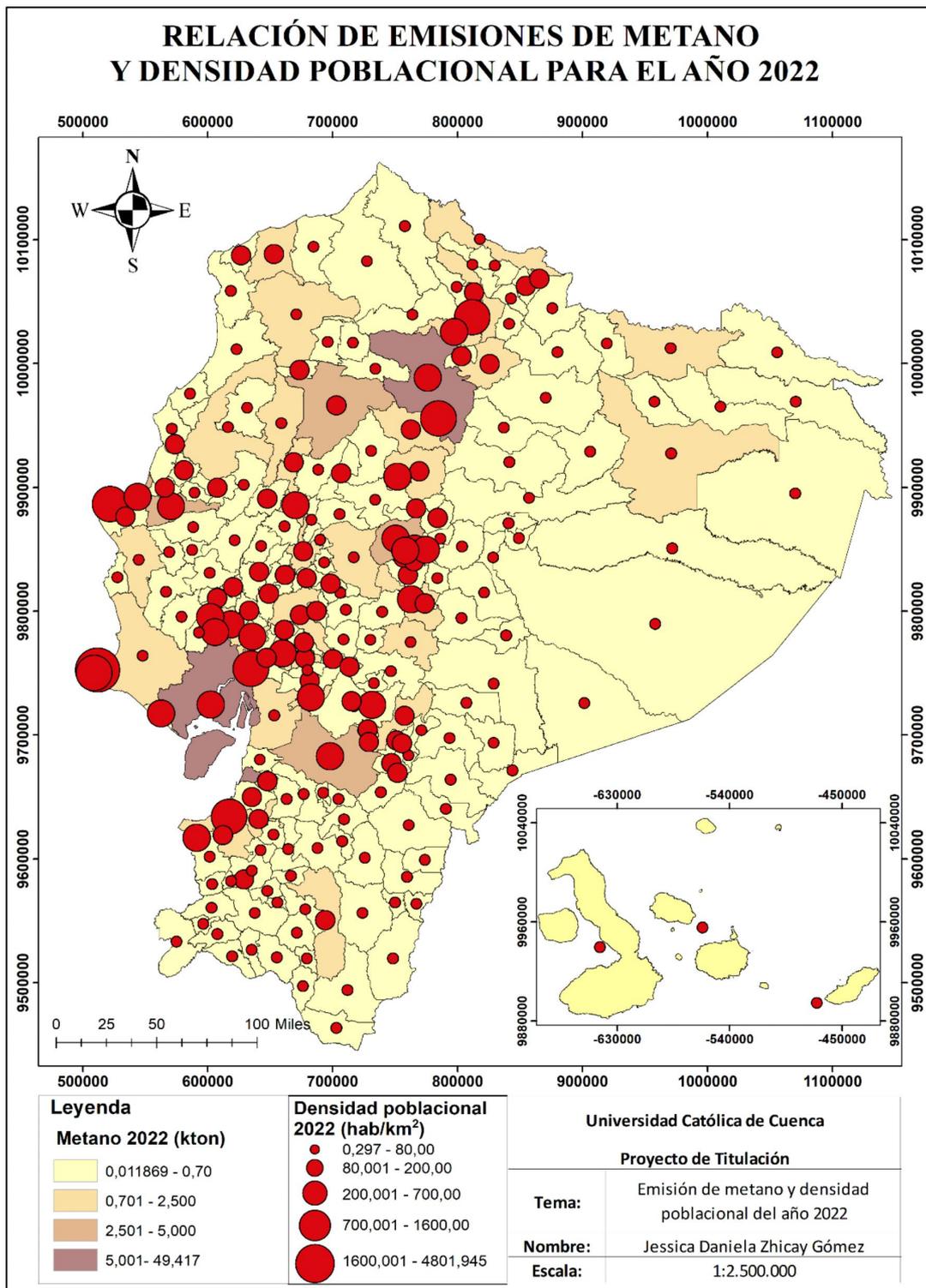
Gráfica 14 Producción de residuos sólidos en los periodos de estudio
Elaborado por: Autor

Al realizar la comparación de las emisiones de metano producidas en cada cantón, con sus respectivas densidades poblacionales se observa que en general a mayor densidad poblacional, mayor cantidad de emisiones; sin embargo, como se observa en la tabla 12 para los principales generadores de metano, esta no es necesariamente una regla que se cumple en su totalidad ya que existen cantones cuyas emisiones son relativamente bajas en contraste a su densidad poblacional. Esto puede responder a que la generación de residuos sólidos urbanos y metano dependen de un conjunto de variables adicionales que influyen en sus cantidades, como son actividades económicas principales, estilo de vida de las personas, cantidad de consumo, tipo de consumo, características socioeconómicas de las familias y variables climatológicas esenciales (VCE). el detalle de cada uno de los cantones se observa en el mapa 6 Y sus cantidades exactas se encuentran en el anexo 4.

Tabla 12. Principales Generadores de Metano y su Densidad Poblacional en el Año 2022

Principales Generadores de Metano y su Densidad Poblacional en el Año 2022									
Nº	Provincia	Región	Cantón	Sitio de disposición final	Metano (Kton)	Residuos Sólidos (Ton)	Población (hab)	Área (km ²)	Densidad Poblacional (hab/km ²)
1	Guayas	Costa	Guayaquil	Relleno Sanitario	49,416996	1608367,25	2772894	4490,69289	617,475759
2	Pichincha	Sierra	Quito	Relleno Sanitario	30,614625	916330,203	2872350	4200,91495	683,743906
3	Guayas	Costa	Durán	Relleno Sanitario	4,856946	120096,713	331283	341,870996	969,029265
4	Azuay	Sierra	Cuenca	Relleno Sanitario	4,754191	119507,799	659317	3195,18785	206,346866
5	Santo domingo de los tsáchilas	Costa	Santo domingo	Relleno Sanitario	4,728923	128943,561	474249	3455,29523	137,252816
6	El oro	Costa	Machala	Relleno Sanitario	3,927621	119780,262	295009	372,329343	792,333468
7	Tungurahua	Sierra	Ambato	Relleno Sanitario	3,644234	90416,8237	395892	1022,31749	387,249564
8	Manabí	Costa	Manta	Relleno Sanitario	2,938364	84877,1411	269116	290,08613	927,710675
9	Manabí	Costa	Portoviejo	Celda Emergente	2,731451	82889,9805	326642	956,629115	341,451033
10	Esmeraldas	Costa	Esmeraldas	Botadero	2,435607	58778,8369	222109	1346,12397	164,998919
11	Loja	Sierra	Loja	Relleno Sanitario	2,095896	63882,4189	284222	1891,24764	150,282805
12	Los ríos	Costa	Quevedo	Celda Emergente	2,06354	67957,3285	220539	378,810041	582,188897
13	Chimborazo	Sierra	Riobamba	Celda Emergente	2,001169	58556,4055	269210	998,779047	269,539095
14	Imbabura	Sierra	Ibarra	Relleno Sanitario	1,883475	58599,5418	227669	1139,06841	199,872983
15	Santa elena	Costa	Santa elena	Botadero	1,674819	70084,7445	197272	3595,4032	54,867838

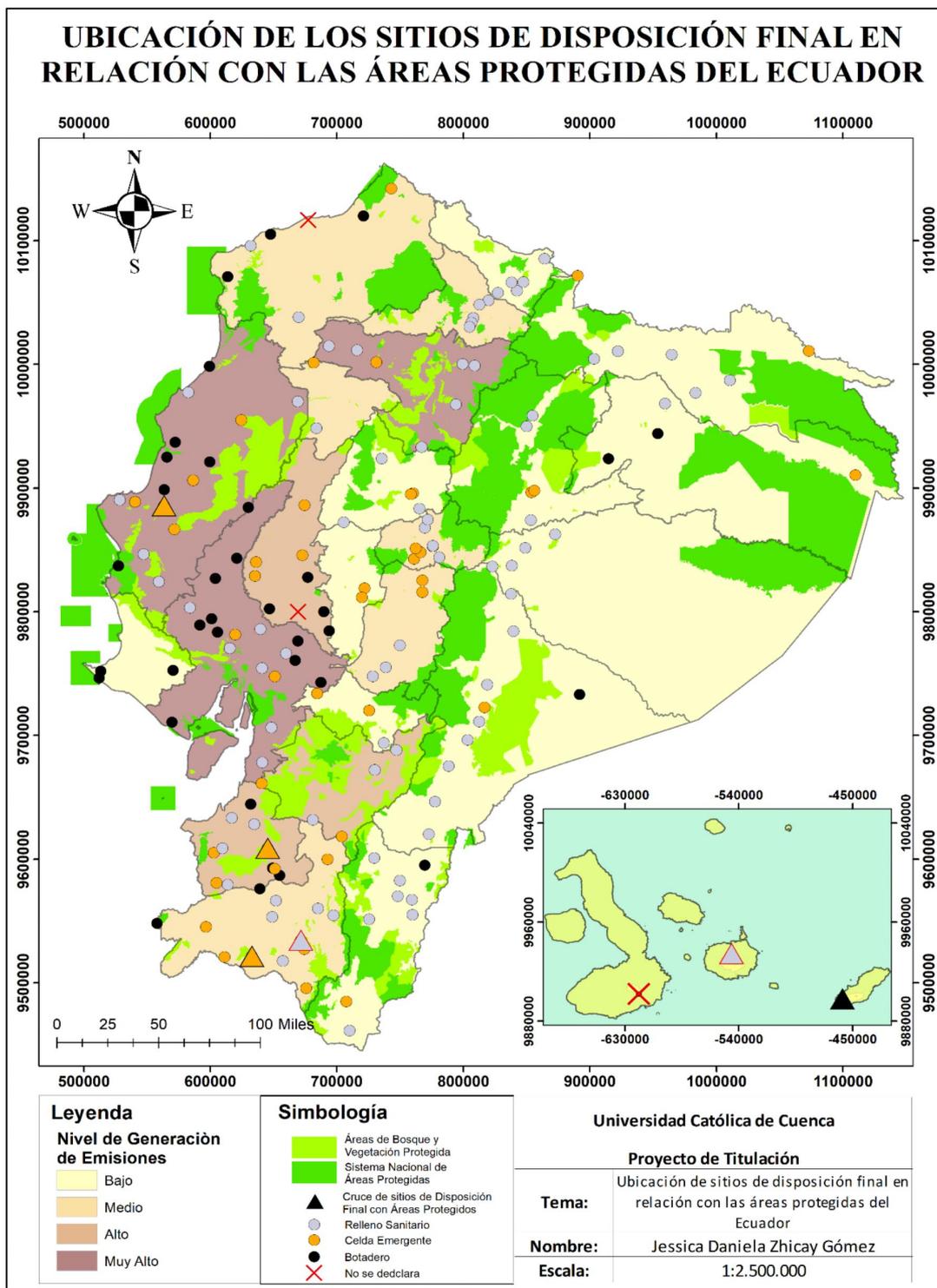
Elaborado por: Autor



Mapa 6 Relación de emisiones de metano y densidad poblacional para el año 2022
Elaborado por: Autor

Dentro de la gestión integral de residuos sólidos existen lineamientos normados, en el cual se establece la distancia mínima que deben tener los sitios de disposición final con relación a zonas protegidas, en el caso de Ecuador esta distancia es mínima a 200 metros a la redonda de recursos hídricos. Dentro de las áreas ambientales sensibles, contempla que los SDF deben estar alejados o estar de forma nula en ecosistemas frágiles como humedales y

paramos, bosques nativos, vegetación endémica, protección de flora y fauna en general (Cobos et al., 2022). Sin embargo y tras cruzar la información de los sitios de disposición final con el sistema nacional de áreas protegidas (SNAP) y áreas de bosques y vegetación protectoras (ABVP), no solo que existen varios sitios muy cercanos a estas áreas, sino que también se tiene SDF dentro de las mismas, como se puede observar en el mapa 7.



Mapa 7 Ubicación de los sitios de disposición final con relación a las áreas protegidas del Ecuador.
Elaborado por: Autor

4.1 Identificación de lineamientos de mejora en la gestión integral de residuos sólidos

Para implementar la gestión de residuos, se contemplan dos enfoques clave: uno busca fomentar una cultura de consumo sostenible mediante la sensibilización y la participación de la comunidad en todas las iniciativas, mientras que el otro aspecto se centra en las labores administrativas y operativas destinadas a optimizar la gestión de residuos, su reutilización y la correcta eliminación de los desechos generados (Aceves et al., 2019).

De acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (2023), mejorar la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos (GRSU) contribuye a la reducción de emisiones en todas las fases del ciclo de vida de los residuos: desde su generación, recolección, reciclaje, tratamiento, hasta su disposición final. Es fundamental realizar un seguimiento de las emisiones y las reducciones en cada etapa del proceso de gestión de residuos sólidos, ya que esto puede ser crucial para monitorear y evaluar el progreso de la implementación de mejores prácticas, así como su efectividad y eficiencia en el tiempo.

Basándonos en la información recopilada, en Ecuador se identifica la necesidad de mejorar la recopilación de datos sobre la generación de residuos y la producción de metano en los vertederos, así como de obtener información más detallada y específica sobre la cantidad de residuos depositados. Es crucial implementar tecnologías que reduzcan la generación de metano, establecer un monitoreo continuo de las emisiones de este gas y fomentar la educación ambiental. Estas acciones resultan fundamentales para abordar el impacto ambiental del metano en los vertederos ecuatorianos y avanzar hacia una gestión más sostenible de los residuos sólidos en el país.

Para establecer las medidas dentro de este caso de estudio, se tomará en cuenta diferentes parámetros como; comprensión del flujo de desechos y prevención de desechos, donde se encuentran los procesos de separación, recolección, transporte, reciclaje y tratamiento, los cuales serán detallados a continuación:

4.1.1 Comprensión de la circulación y reducción de residuos

La mejora de los sistemas de recolección de residuos no solo disminuye el riesgo de una eliminación inapropiada, sino que también facilita a las autoridades locales y a los encargados de la toma de decisiones en la planificación eficaz de la gestión de residuos. Estas mejoras, que abarcan tanto infraestructuras como programas de recolección y almacenamiento, posibilitan una proyección más precisa de las futuras tasas de generación de residuos y su composición (EPA, 2023). Es crucial comprender los recursos necesarios a corto plazo para gestionar de forma adecuada las diversas fracciones del flujo de residuos en entornos urbanos.

Medidas a implementar:

- Caracterización de desechos

En Ecuador, se generan 4,2 millones de toneladas de desechos urbanos al año, con un 55% de materia orgánica y un 45% de inorgánicos. El 92% de la población urbana tiene acceso a recolección, pero solo el 65% se dispone en rellenos sanitarios, mientras que el 35% termina en botaderos a cielo abierto (INEC, 2022). Esta información es importante debido a que aporta datos importantes para establecer políticas en la reducción de la generación de residuos, aumentar el reciclaje y mejorar la disposición final de los residuos y/o desechos.

En diversos cantones del Ecuador se ha implementado la separación diferenciada como es el caso del Distrito Metropolitano de Quito (Izquierdo, 2021), Cuenca (Empresa

Pública Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC), 2024), y Loja (Municipio de Loja, 2023), entre otros cantones como, Guayaquil, Ambato, Riobamba, Santo Domingo. Machala, Portoviejo, Ibarra donde se han implementado medidas para la gestión adecuada de los desechos y la promoción de la sostenibilidad ambiental

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censo, (2023), a nivel nacional, la recolección de residuos sólidos, se recogieron un total de 14,394 toneladas diarias, siendo el 83.4% recolectado de manera no diferenciada y el 16.6% de forma diferenciada. La región sierra aportó el 68.6% de los residuos sólidos recolectados de forma diferenciada, mientras que la región costa contribuyó con el 70.3% de la recolección no diferenciada. De las 2,393.1 toneladas diarias recolectadas de forma diferenciada, el 50.5% corresponden a residuos inorgánicos, siendo la región amazónica la que presenta la mayor cantidad de residuos inorgánicos con un 61.9%. Un claro ejemplo de esto son las medidas de separación diferenciada aplicada en cantones como Loja, Cuenca, Ambato, Quito, entre otros.

- Incluir a las partes interesadas

Según el Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica (2019) en el “Reglamento al Código Orgánico del Ambiente (COA), establece que las entidades públicas que participan en la gestión integral de residuos y desechos son las siguientes:

- a) La Autoridad Ambiental Nacional; b) La Autoridad Sanitaria Nacional; c) La Autoridad Nacional de Electricidad y Energía Renovable; d) La ciudadanía y, e) Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales o Metropolitanos.”

- Promover el tratamiento en el hogar de los residuos orgánicos

Los desechos de origen domiciliario pueden ser tratados en el hogar. Una alternativa viable para esto es el compostaje doméstico, que puede variar desde el vermicompostaje (compostaje con gusanos) en un contenedor pequeño hasta el procesamiento en digestores anaeróbicos. Estos últimos generan gas que pueden ser aprovechados para usos domésticos, como combustibles para cocinar, y digestato que se utiliza como fertilizante natural para el suelo (Silbert, 2018).

- Implementar estrategias para reducir los residuos de empaques

Se debe promover la responsabilidad extendida del productor (de la cuna a la tumba), involucra a todos los actores y beneficia en cuanto a la reducción de volumen de residuos, disminución de la contaminación ambiental, conservación de recursos naturales, creación de empleos y ahorro de dinero (Bovea et al., 2023).

- Imponer prohibiciones y cargos sobre artículos específicos

Las prohibiciones y los cargos en ciertos productos desalientan el uso del consumidor y eliminan desperdicios. Según una nota publicada por Gabriela Coba, (2020), nos indica que “La Ley Orgánica para la Racionalización, Reutilización y Reducción de Plásticos de un Solo Uso” vigente desde el 21 de diciembre del 2020 (Asamblea Nacional, 2020), en Ecuador establece una serie de prohibiciones y cargos relacionados con artículos específicos para mejorar los sistemas de gestión integral de residuos sólidos. Entre las disposiciones, se destaca la obligación de los establecimientos de cobrar a los consumidores por los artículos de plástico de un solo uso que proporcionen, como bolsas, recipientes, vajillas y utensilios, a un costo no menor al unitario. Además, se establece la consulta obligatoria a los clientes sobre si desean recibir estos productos plásticos y la divulgación de su precio. La ley prohíbe gradualmente la comercialización y uso de ciertos artículos plásticos, como bolsas y envases de plástico de un

solo uso para bebidas y alimentos, así como sorbetes plásticos. También se exige que los envases de poliestireno expandido contengan un porcentaje mínimo de material reciclado postconsumo en un plazo determinado. Estas medidas buscan reducir progresivamente el uso de plásticos de un solo uso y fomentar un consumo más responsable en Ecuador”.

4.1.2 Separación, recolección y transporte

Para reducir las emisiones de contaminantes ambientales, es fundamental implementar prácticas adecuadas durante la recolección y el transporte de desechos, asegurando una gestión eficaz (NMED, 2023), por lo tanto, se consideran los siguientes criterios:

- Separar los desechos en el origen

La separación de los desechos en su lugar de origen es una medida esencial que simplifica el proceso de reciclaje y fomenta la utilización de materias primas más sostenibles, como el tratamiento de desechos orgánicos. Esta práctica, según lo indicado en las fuentes consultadas, juega un papel crucial en la disminución del impacto ambiental al posibilitar la valorización de los desechos orgánicos (Castro, 2017).

- Aumentar la cobertura de recolección

En regiones y poblaciones marginadas, esta acción contribuirá a la reducción de la disposición ilegal de desechos, donde la descomposición de los desechos orgánicos puede generar metano, y la incineración de desechos produce emisiones de dióxido de carbono y carbono negro (también conocido como hollín, resultado de la combustión incompleta de combustibles fósiles, biocombustibles y biomasa). Algunas comunidades se encuentran desatendidas debido a problemas de acceso, que incluyen vías estrechas y congestión (Araiza & José, 2015).

- Prohibición de la quema abierta de desechos

En Ecuador, se ha establecido la prohibición de la quema a cielo abierto de desechos con el propósito de reducir la emisión de carbono negro y otros contaminantes dañinos que afectan la calidad del aire y la salud de las personas. Esta medida tiene como objetivo atenuar los efectos negativos vinculados con la quema no controlada de desechos, contribuyendo a la preservación del entorno y al bienestar de la población ecuatoriana al limitar la liberación de sustancias perjudiciales que impactan tanto en la calidad del aire como en la salud humana (Department of Ecology State of Washington, 2020).

- Implementación de flotas, más ecológicas

Las flotas ecológicas desempeñan un papel crucial en la protección del medio ambiente a nivel nacional. Se han implementado medidas para promover prácticas más sostenibles con el objetivo de reducir el impacto en los ecosistemas.

En este sentido, se han desarrollado proyectos en varias provincias de Ecuador, como Quito y Cuenca, donde en 2017 se llevaron a cabo pruebas con autobuses eléctricos. En el Distrito Metropolitano de Quito, se operaba un autobús eléctrico, mientras que, en Guayaquil, la cooperativa Saucinc incorporó una flota de 20 autobuses eléctricos BYD K9. Además, en Loja se pusieron en circulación alrededor de 50 taxis eléctricos (Ministerio de Energía de Chile, 2023).

Destacando la iniciativa de Miral Mobility, una empresa ambateña, que ha producido el primer autobús eléctrico fabricado en Ecuador. Este autobús está programado para operar en las Islas Galápagos, representando un avance significativo en la adopción de tecnologías limpias y sostenibles en el transporte público del país (Orozco, 2024)

4.1.3 Reciclaje

El reciclaje, al separar y recolectar materiales de la basura, reduce la necesidad de recursos vírgenes y combustibles fósiles para crear nuevos productos, lo que mitiga el cambio climático. Para mejorar el reciclaje, es importante clasificar, limpiar, reducir, informarse e involucrarse (Cajamarca et al., 2018).

- Integración del sector informal de reciclaje

Para mejorar el reciclaje y proteger el medio ambiente, es crucial integrar a los recicladores informales al sector formal. Un claro ejemplo se menciona en la Empresa Pública Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC), (2024b), donde se observa que en la ciudad de Cuenca - Ecuador, los recicladores, sin relación de dependencia con la EMAC, reciben apoyo en capacitaciones y servicios de salud a través de convenios con el Ministerio de Salud Pública (MSP) y fundaciones como la Fundación Reinas de Cuenca. Además, colabora con empresas municipales y privadas para ofrecer talleres gratuitos en diversas áreas, mientras en el Centro Histórico se ejecuta la actividad de reciclaje en las noches. Se destaca la alianza para brindar guardería a los hijos de los recicladores, la existencia de 250 recicladores autorizados, la recuperación mensual de 104 toneladas de material reciclable y la baja tasa de aprovechamiento del material recolectado. Similares practicas se busca implementar en varios sectores del país que existe el reciclaje por estas personas, y que han encontrado diversas maneras de apoyo a través de su red de Asociados llamada "RENAREC" (RENAREC, 2024).

- Establecimiento de políticas de responsabilidad extendida del productor (REP)

La promoción de la sostenibilidad ambiental y la eficiencia en la gestión de residuos a nivel global es fundamental. Esta estrategia implica que los fabricantes asuman la responsabilidad de sus productos hasta su disposición final, incentivando la recuperación y el reciclaje de materiales. En el contexto ecuatoriano, la implementación de políticas de Responsabilidad Extendida del Productor (REP) sería beneficiosa para la protección del medio ambiente y el desarrollo sostenible del país (Cajamarca et al., 2018). Las políticas de REP establecen una colaboración entre los productores y otros actores de la cadena de suministro para gestionar los productos al final de su vida útil, evitando que los consumidores asuman los costos de eliminación de residuos. Estas políticas pueden ser tanto voluntarias como obligatorias, y se alinean con conceptos como la economía circular. Es crucial que estén respaldadas por regulaciones gubernamentales para abordar todas las fases del ciclo de vida de un producto (André & Cerdá, 2016).

- Establecer programas para mejorar el reciclaje

En Ecuador, se han implementado diversos programas para mejorar el reciclaje, reconociendo su importancia en la gestión de residuos sólidos y su impacto positivo en el medio ambiente.

Estas iniciativas incluyen, el programa "Ecuador Recicla" promovido por el Ministerio del Ambiente y otros entes gubernamentales, ha sido clave para fortalecer el trabajo interinstitucional y reconocer públicamente a los recicladores, incentivando la gestión integral de residuos sólidos y la inclusión de todos los ciudadanos en prácticas sostenibles (Campoverde, 2018). Proyectos como ReciVeci en Quito tienen como objetivo transformar la situación de los recicladores de base y promover una cultura de reciclaje más robusta. Por otro

lado, la introducción de aplicaciones móviles como RecicApp en Quito ha simplificado el proceso de reciclaje al permitir a los ciudadanos registrar información sobre los recicladores y acceder a servicios de recolección puerta a puerta, esto fomenta la participación de la comunidad en la mejora de las prácticas de reciclaje en el país (Jijón, 2019).

4.1.4 Tratamiento

Es factible evaluar potenciales reducciones de emisiones, teniendo en cuenta aspectos técnicos y financieros adicionales. Entre las estrategias más efectivas para disminuir las emisiones derivadas del manejo de residuos se encuentran:

- Determinar el tamaño adecuado de las instalaciones de tratamiento

Para determinar el tamaño adecuado de las instalaciones de tratamiento en Ecuador, se deben considerar medidas como encuestas de vehículos y estudios de caracterización de residuos para estimar la cantidad y tipo de desechos (Cajamarca et al., 2018). En Loja, se destaca un exitoso programa de Gestión de Residuos Sólidos que ha involucrado al 80% de la población, generando proyectos productivos a partir del reciclaje (Municipio de Loja, 2023).

La conciencia ambiental y la participación ciudadana han sido fundamentales en su éxito. Es crucial cumplir con las normativas ambientales vigentes, especialmente en el transporte y manejo de materiales peligrosos, así como garantizar una separación adecuada y disposición final responsable de los residuos para una gestión sostenible (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, 2023).

- Mejorar las operaciones y el mantenimiento

Implica la implementación de medidas como la optimización de las rutas de recolección, la capacitación del personal en buenas prácticas y seguridad, y la adopción de tecnologías para monitorear la eficacia de la recolección. Asimismo, se debe considerar la ubicación adecuada de los rellenos sanitarios en terrenos con pendientes específicas y características geológicas favorables, como suelos poco permeables y barreras geológicas para prevenir la contaminación del suelo y aguas subterráneas (Collazos, 2013). Estas acciones promoverán una gestión más eficiente y sostenible de los residuos sólidos en Ecuador, mejorando tanto las operaciones como el mantenimiento en los sitios de disposición final. La falta de capacitación a menudo resulta en un mal funcionamiento y mantenimiento de las instalaciones de tratamiento, lo que puede ocasionar problemas como fugas de gas en las instalaciones de digestión anaeróbica o lixiviado en las instalaciones de compostaje (Solano et al., 2020).

- Desarrollar un sistema de medición, informe y verificación de emisiones (MRV)

El sistema de Medición, Reporte y Verificación (MRV) relacionado con la gestión de residuos en Ecuador es parte fundamental de las iniciativas para monitorear, informar y verificar las emisiones asociadas con la gestión de residuos sólidos en el país (Ministerio del Ambiente, 2016).

Este sistema, implementado a nivel nacional, permitiría recopilar datos precisos sobre las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes en los rellenos sanitarios y otras instalaciones de disposición final de residuos, contribuyendo así a una gestión más eficiente y sostenible de los residuos sólidos en Ecuador (Castro, 2017).

4.1.5 Eliminación

- Corregir o cerrar los botaderos existentes

En Ecuador, los botaderos a cielo abierto están prohibidos y deben cerrarse gradualmente. Los rellenos sanitarios, con sus sistemas de control ambiental, son una alternativa temporal segura y responsable para la disposición final de residuos. La ley ecuatoriana define los requisitos para su construcción, operación y conversión de botaderos a cielo abierto (Chucos, 2020) .

- Desviar los residuos orgánicos de los botaderos y vertederos

Prohibir la disposición de residuos orgánicos en vertederos en Ecuador es una medida necesaria para proteger el medio ambiente y promover la sostenibilidad. Aunque no existe una prohibición explícita en la ley actual, el Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos establece una meta de reducción del 50% de estos residuos en vertederos para el año 2030 (Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, 2023). Para alcanzar este objetivo, se requiere un esfuerzo conjunto del gobierno, el sector privado y la ciudadanía.

Es crucial desarrollar e implementar programas de separación en origen y recolección diferenciada, fomentar la inversión en infraestructura para el tratamiento de residuos orgánicos, y promover la educación ambiental y la participación ciudadana (Ministerio del Ambiente, 2010).

Esta iniciativa tiene el potencial de generar beneficios ambientales, económicos y sociales, como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, la mejora de la calidad del suelo y la generación de empleos verdes (puestos de trabajo que contribuyen a preservar y restaurar el medio ambiente) (Jijón, 2019).

Algunos ejemplos de empleos verdes en el territorio ecuatoriano son los generados por proyectos como "Manduriacu" con la creación de 613 empleos, el proyecto eólico "Villonaco" con 254 empleos, y el proyecto "Quijos" con 234 empleos. Estos empleos verdes son parte de una estrategia para enfrentar la crisis ambiental y promover un desarrollo sostenible en Ecuador (Palacios & Moreno, 2014).

- Recuperar energía de Rellenos Sanitarios

Otra alternativa a los residuos es el sistema "waste to energy", que consiste en conseguir energías a partir de los residuos y/o desechos. Un ejemplo de ello es la generación de energía a partir de biogás en rellenos sanitarios de Ecuador (Olmedo & Curillo, 2019), como el caso del relleno sanitario de Pichacay en Cuenca y El Inga en Quito, que destacan por su aporte de energía eléctrica. Estos proyectos no solo contribuyen a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también promueven la generación de energía limpia y sostenible, impulsando así una gestión responsable de los desechos sólidos en el país (Vera et al., 2014). Por lo tanto, son ejemplos destacados de esta práctica, representando avances significativos en la gestión de residuos sólidos y en la producción de energía renovable en Ecuador.

La Planta de Biogás en Pichacay genera electricidad a partir del gas metano de la descomposición de residuos orgánicos, reduciendo la contaminación y las emisiones de CO₂. Su beneficio se estimó para más de 7.000 familias rurales con electricidad y se alinea con las políticas ambientales nacionales y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU. La planta produce 840 kw-hora de energía eléctrica con un caudal promedio de 400 m³-hora de biogás y es operada por EMAC BGP Energy CEM (Empresa Pública Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC), 2024).

El Relleno Sanitario El Inga, ubicado en Quito, produce alrededor de 5 megavatios (MW) de energía eléctrica a partir del biogás generado por la descomposición de la materia orgánica presente en los residuos sólidos. Esta producción equivale al consumo anual de aproximadamente 10.000 hogares y permite evitar la emisión de 46.000 toneladas de CO₂ a la atmósfera cada año (Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos (EMGIRS-EP), 2024).

4.2 Implementación de los lineamientos o alternativas mencionadas

Como se observa en los diferentes apartados acerca de los lineamientos, para implementar las diferentes alternativas a escala nacional es importante la participación de todos quienes conforman el estado ecuatoriano. Se requiere de la ciudadanía y el recorrido en territorio por parte de las autoridades para ver in situ la realidad de cada sector, de donde se podrá extraer las primeras impresiones del mejor modelo que se puede adoptar en dicho lugar. Se necesita el involucramiento de la Academia, quienes, con su importante grupo de profesionales y apoyo estudiantil, pueden generar los datos y estudios de prefactibilidad necesarios requeridos por los diversos actores. Se necesita de la voluntad política para llevar a ejecución todos los planes que deriven de los estudios, así como de la ciudadanía para presionar a sus autoridades a la ejecución de estos.

Es importante destacar que el aporte económico es fundamental para el desarrollo de estas alternativas, y que, de acuerdo con la literatura, si bien en un principio pueden requerir importantes inversiones (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, 2023), el beneficio a largo plazo no solo recae en el tema económico, sino también en la sociedad y el medio ambiente, con ecosistemas más sanos y en recuperación, así como la salud de las personas quienes habitamos tanto en el sector urbano como rural.

Se observa también que, en los últimos años en el Ecuador, varias alternativas ya han sido llevadas a cabo por diversos municipios, o por iniciativas propias de los ciudadanos, cada uno de ellos con diferentes resultados, que permiten seguir construyendo y evaluando el funcionamiento de estas iniciativas. Esto también demuestra como poco a poco se va logrando concientizar a la ciudadanía sobre la importancia de gestionar de mejor manera adecuada los residuos. Adicionalmente pone en evidencia que estos planes si pueden ser llevados a política nacional, sus resultados al ser positivos en muchos de los casos, deberían ser evaluados y en base a ellos ir generando los nuevos lineamientos que requiere el estado ecuatoriano para mejorar la GIRS nacional (GRECI, 2023).

La implementación de varios de estos sistemas, conducen también a lo que hoy en día se conoce como modelos basura cero, los cuales consisten en “la conservación de recursos a través de la producción, consumo, reutilización y recuperación responsable de productos, envases y materiales sin quemarlos ni descargarlos al medio ambiente. Se enfocan en la prevención, conectividad e inclusión dentro de las comunidades, promoviendo la eliminación de vertederos y rellenos sanitarios, así como la creación de sistemas justos social y ambientalmente” (Global Alliance for Incinerator Alternatives (GAIA), 2022) y se convierten en nuevos modelos de una gestión integral de residuos sólidos ideal para las ciudades y población en general.

Al tener en cuenta estos proyectos, se convierten en herramientas importantes para el Ecuador, ya que no solo contribuye a mejores sistemas de gestión de residuos, si no también se obtiene beneficios como energía limpia y renovable, reducción de la dependencia de los combustibles fósiles y mitiga el cambio climático (Gila, 2022). Además, se consigue beneficios para las comunidades aledañas a los proyectos y a la ciudadanía en general.

4.3 Discusión

Los estudios de metano actualmente en el país son limitados, por lo tanto la información aquí obtenida son datos teóricos, basados en función de los datos provenientes de generación de residuos sólidos urbanos, caracterizaciones, y variables ambientales tanto del INEC como del proyecto "Fortalecimiento de las capacidades municipales para la gestión de residuos sólidos a través de sistemas basura cero", por lo tanto no deben tomarse como información exacta, sin embargo se convierten en las primeras aproximaciones de emisiones de metano a nivel nacional considerando datos que van desde los años 2014 hasta el año 2023, además de elaborar las proyecciones considerando la hipótesis de que los sitios de disposición final inician su apertura en el años 2024 y se mantienen funcionando durante 20 años de vida hasta el año 2043, y a partir de este año se calcula las emisiones que siguen generando estos residuos por concepto de eversuría de los RSU.

La técnica de Corenostós no es nueva en la aplicación de predicción de emisiones de Metano, y existen varios métodos para hacerlo, sin embargo, su potencial radica en que sus variables de ingreso tienen una mayor facilidad de acceso y sus resultados de acuerdo con la literatura y ejemplos documentados, deriva en información con un buen porcentaje de aproximación a la realidad. Esta técnica ha sido considerada para ciertos estudios concretos en el país, la importancia de aplicarlo a nivel nacional permite tener la primera aproximación de cantidades de emisiones, tales que se convierten en información para tomar medidas frente a la contaminación que éstas pueden llegar a generar en cada cantón y orientar mejores sistemas de gestión de residuos sólidos en las comunidades.

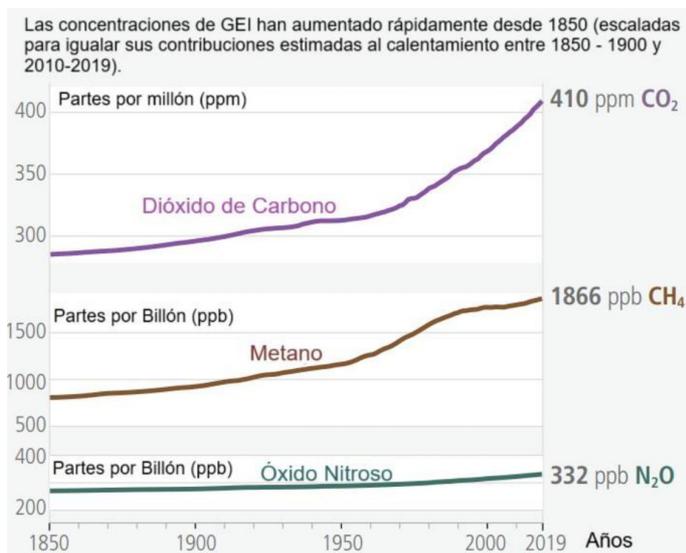
La mitigación de impactos ambientales negativos se convierte en uno de los principales objetivos de este tipo de estudios, por ello cruzar la información de emisiones, con los sitios de disposición final y las áreas protegidas del país, es de vital importancia, ya que permite evidenciar que la construcción y control de estos sitios está siendo ignorada por diferentes autoridades, poniendo en riesgo los ecosistemas nacionales. Se verifica que muchos sitios se ubican cerca de estas zonas y más grave aún existen varios que se han levantado o se están levantado dentro de estas áreas, generando contaminación directa a los ecosistemas.

Es importante destacar también, que iniciar estos tipos de estudios, tiene como objetivo adicional colocar a discusión un tema que comúnmente ha sido ignorado por diferentes causas. Esto permitiría colocar en la agenda de las diferentes autoridades información adicional, que se complementa con los objetivos del desarrollo sostenible 2030 y con los nuevos acuerdos alcanzados dentro los conversatorios llevados a cabo en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático COP 2023.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES

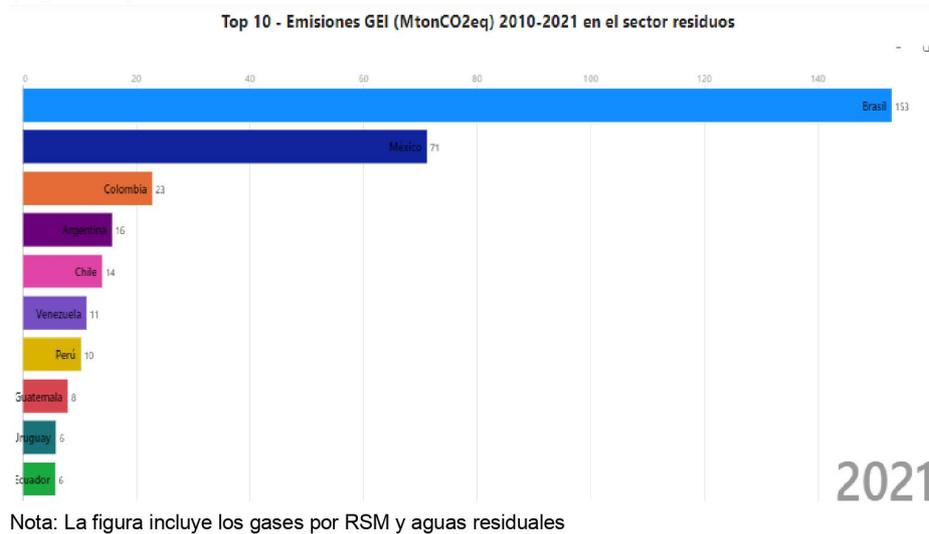
1. Se evidencia que en la actualidad hay un especial énfasis dentro de la gestión de residuos en el estudio del metano por los graves efectos ambiental que este genera a corto plazo y por su potencial dañino a la atmosfera que como se mencionó a lo largo del estudio, este es 80 veces más perjudicial que el CO₂.
2. Las emisiones de metano, en general son más elevados en aquellos países con una alta tasa de industrialización, en contraste con aquellos que poseen baja cantidad de industria, debido al tipo de procesos y tecnologías que no siempre están basadas en respeto al medio ambiente, si no en la máxima producción en el menor tiempo posible, trayendo como consecuencia, que este gas siga en ascenso a velocidades alarmantes (Figura 15), (IPCC, 2023) sin embargo, en el sector residuos el comportamiento tiene variaciones, y responde a diferentes políticas aplicadas en los territorios, por ejemplo (Van et al., 2018), destaca a países de la Unión Europea como Alemania, Gran Bretaña o Países Bajos cuyas emisiones de metano por rellenos sanitarios han tenido un decrecimiento del 31% desde los años 1970, igualmente Estados Unidos ha mostrado un 20% menos por estas infraestructuras, en contraste, países como China, India, Russia, Turquía u Oriente Medio han presentado un incremento en emisiones de metano por la actividad de los rellenos sanitarios (Van et al., 2018). Por lo tanto, las ciudades industrializadas suelen tener una mayor incidencia en la generación de metano en comparación con aquellas que carecen de industrias, lo que destaca la importancia de implementar soluciones de reducción de residuos y de gestionar de manera adecuada los desechos para mitigar este impacto ambiental.



Gráfica 15. Emisiones históricas de GEI a nivel global
Autor: IPCC, 2023

3. El estudio de las emisiones de metano dentro de la gestión de residuos sólidos es relativamente nuevo en el país, se cuenta con información limitada de ciertos GADs municipales que tiene lectura de gases en sus sitios de disposición final, uno de ellos el GAD Municipal de Cuenca, que lo viene desarrollando durante algunos años atrás por el aprovechamiento energético que le da a un porcentaje de sus emisiones. De este

modo se denota la falta de conocimiento y estudios de esta variable en el territorio ecuatoriano. Pese a ello con la información disponible y compartida por Ecuador, el BID (Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2023), mediante su HUB de residuos sólidos, ubica al País como uno de los 10 principales emisores de GEI por esta actividad a nivel de América Latina y El Caribe desde el periodo de análisis (2010), manteniendo el noveno lugar hasta el año 2020 y bajando al décimo en el año 2021 (Figura 15).



Gráfica 16. Residuos sólidos municipales (RSM) para América Latina y El Caribe
Autor: (Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2023a)

4. En relación con la cantidad de emisiones de metano se observa que a lo largo de los años 2014 – 2023 los mayores generadores a nivel nacional representaron el 63,75% con 821,23 kton, distribuidas en los cantones de Guayaquil, Quito, Cuenca, Santo Domingo, Duran, Machala, Ambato, Portoviejo, Manta, Esmeraldas, Loja, Quevedo, Riobamba, Ibarra, Babahoyo. De estos cantones solamente Guayaquil y Quito producen el 41,01%.
5. Bajo un sistema de gestión de residuos que mantiene las mismas prácticas actuales, se observa que al disponer los residuos sólidos urbanos entre los años 2024 -2043, se mantienen como principales generadores los mismos cantones que en el periodo histórico, a excepción de Babahoyo que es reemplazado por Santa Elena. De este modo la cantidad total generada será de 3764,92 kton de metano y representan el 66,63% del total nacional, donde Guayaquil y Quito representan el 45,27%. Estas emisiones consideran el tiempo de eversuria por lo tanto el periodo considerado es del año 2024 al 2058.
6. En términos ambientales otro aspecto importante a considerar es la ubicación de los sitios de disposición final; a nivel nacional e internacional existen reglamentos donde consta la obligatoriedad de que éstos sean colocados a distancias específicas mínimas de diferentes sitios como son centros poblados, centros educativos, centros médicos, sitios arqueológicos, ríos sitios turísticos y zonas protegidas (Cobos et al., 2022). En este contexto haciendo enfoque únicamente a las áreas protegidas que es una de las variables ambientales principales se observa que muchos de estos sitios no cumplen con estos reglamentos incluso siete de ellos están ubicados dentro de las zonas

protegidas (uno en la provincia del Oro, uno en la provincia de Manabí, dos en la provincia de Loja, y tres en la provincia de Galápagos).

7. Los lineamientos para mejorar la gestión de residuos sólidos urbanos en Ecuador requieren la implementación de medidas integrales que abarquen la recolección, separación, transporte, tratamiento y reciclaje de residuos. Es fundamental promover una cultura de consumo sostenible, optimizar la gestión de residuos y reducir las emisiones a lo largo del ciclo de vida de los desechos. Entre las acciones específicas se encuentran la caracterización de desechos, la participación de partes interesadas, el tratamiento de residuos orgánicos en los hogares, estrategias para reducir los desechos de empaques, y la imposición de prohibiciones y cargos sobre artículos específicos. Además, es crucial realizar una adecuada separación, recolección y transporte de los desechos, establecer políticas de responsabilidad extendida del productor y programas para mejorar el reciclaje. Estas medidas buscan fomentar prácticas ambientalmente responsables en la gestión de residuos sólidos en Ecuador.

CAPÍTULO VI

9. RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos deben ser utilizados con la debida precaución al ser una primera aproximación basado en datos teóricos, y deberán ser corroborados en el tiempo con datos reales que deberían ser tomados in Situ.

La toma de datos in Situ permitirían generar una base de información importante para compararlo con los datos obtenidos matemáticamente, una vez obtenidos datos por un tiempo determinado, se puede llevar a cabo comparaciones con los obtenidos en este estudio y así generar los algoritmos o ecuaciones adecuadas para tener modelos más exactos adaptados a la realidad local.

En el actual proyecto de investigación, si bien se tomó la guía de Corenostós, sería importante realizar comparaciones con otros modelos disponibles para la generación de gas metano en rellenos sanitarios adaptándolos a las características nacionales. Entre algunos de estos métodos se encuentran por ejemplo el “Modelo LandGem del relleno sanitario municipal de residuos sólidos de Patate-Pelileo, Tungurahua, Ecuador”, “Modelo del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC- NGGIP) aplicado en el Relleno Sanitario Parque Ambiental Palangana de Santa Marta-Colombia”, entre otros.

Se debe poner en marcha campañas de control más estricto hacia la construcción y levantamiento de estructuras de sitios de disposición final; es preocupante que, existiendo la normativa reguladora sobre estos sitios, se sigan generando estos espacios cerca o dentro de áreas protegidas del país que pone en peligro a varios ecosistemas nacionales.

Las cifras que lleva Ecuador por emisiones de metano generado lo ubican dentro de países con altas concentraciones de este gas representando el 0.2% de las emisiones globales en el año 2022 (IEA,2023). Según esta misma organización, dentro del país la actividad de los residuos sólidos fue la tercera principal generadora de estos gases en ese año y de acuerdo con el ministerio del ambiente, agua y transición ecológica en el 2018 se constituyó como la segunda fuente más generadora de estos gases. Esto implica que es necesario adoptar urgentemente medidas o planes de manejo ambiental y de gestión de residuos sólidos para minimizar estas emisiones. Es evidente que, si no se toman las medidas adecuadas, los riesgos para salud humana y ambiental seguirán creciendo exponencialmente. Dentro de este contexto y siguiendo un análisis homólogo, se logró obtener que si se toma medidas de reducción de residuos orgánicos a un ritmo de 4% anual desde el año 2024 hasta el 44% en el año 2033 se consigue una reducción promedio de metano del 25% en el periodo total de los años 2024 – 2058, lo que equivale a aproximadamente 1500 kton de metano menos que manteniendo un ritmo sin cambios en la gestión de residuos.

Es conocido que en el campo industrial poco o nada es bienvenido el tema de la mitigación ambiental (sin generalizar), invertir recursos económicos en este tipo de estudios, puede resultar insatisfactorio para ellas. Frente a esta problemática una herramienta que puede ayudar de cierta manera a considerar los temas ambientales es la aplicación de la economía circular, ya que se mencionó en su apartado, esta busca rentabilizar sus residuos o desechos, a través de procesos que los reinserten en sus diferentes etapas, como materia prima, manufactura y nuevamente residuos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aceves, C., León, S., & Salazar, K. (2019). *Lineamientos para la gestión y manejo integral de residuos sólidos urbanos, de manejo especial, y peligrosos en centros educativos e instalaciones universitarias*. <https://cgsait.udg.mx/sites/default/files/2022-01/lineamiento-para-la-gestion-de-residuos.pdf>
- ADRA. (2021). *Carbon reduction guide*.
- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, (EPA). (2023). *Mejores prácticas para la gestión de residuos sólidos: Una guía para quienes toman decisiones en países en desarrollo*. https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-09/swm_climate-spanish.pdf
- Alcantar, H., & Vargas, M. (2019). *Modelo geotécnico basado en propiedades índice sector piscinas termales públicas del municipio de Paipa*. https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/handle/001/3748/Modelo_geotecnico.pdf;jsessionid=467853EB57E9E1292A44816D3843C291?sequence=1
- Alianza Basura Cero Ecuador. (2024, enero 23). *Modelos basura cero*. <https://www.alianzabasuraceroecuador.com/modelos-basura-cero/>
- Ambientum. (2022, noviembre 28). *Características físicas de los residuos sólidos urbanos*. Características físicas de los residuos sólidos urbanos. https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/suelos/caracteristicas_fisicas.asp#
- Ambuludi, R., Carvajal, V., & Santana, K. (2021). Estimación de gas metano mediante el modelo LandGEM del relleno sanitario municipal de residuos sólidos de Patate-Pelileo, Tungurahua, Ecuador. *Revista Tecnología en Marcha*. <https://doi.org/10.18845/tm.v35i1.5413>
- André, F. J., & Cerdá, E. (2016). *Gestión de residuos sólidos urbanos: análisis económico y políticas públicas*.
- Araiza, J., & José, M. (2015). *Mejora del servicio de recolección de residuos sólidos urbanos empleando herramientas SIG: un caso de estudio Improvement of solid waste collection service using GIS tools: a case study* (Vol. 19, Número 2). <https://www.redalyc.org/pdf/467/46750925005.pdf>
- Armeta, M., Sierra, L., & Vélez, A. (2016). *Modelación de la producción de metano en el Relleno Sanitario Parque Ambiental Palangana (Santa Marta)*.
- Asamblea Nacional. (2020). *Ley Orgánica para la Racionalización, Reutilización y Reducción de Plásticos de un Solo Uso*. www.asambleanacional.gob.ec
- Baethgen, W., & Martino, D. (2005). *Cambio climático, gases de efecto invernadero e implicancias en los sectores Agropecuario y Forestal de Uruguay*.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2023a). *Estado de la gestión de flujo de materiales: residuos sólidos municipales (RSM) para América Latina y El Caribe, año 2021*. HUB Residuos Sólidos y Economía Circular.

- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2023b). *HUB Residuos Sólidos y Economía Circular*. HUB Residuos Sólidos y Economía Circular. HUB Residuos Sólidos y Economía Circular
- Banco Mundial. (2024, enero). *Datos, Población de Ecuador*.
<https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL?locations=EC>
- Baquero, M. B. (2017). *RESIDUOS ALIMENTARIOS: ANÁLISIS Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE CUANTIFICACIÓN*.
<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/12195/400959.pdf?sequence=1>
- Becerra, D., Rubio, Y., Barajas, A., Ramírez, L., & Machuca, F. (2023). Una revisión sobre el tratamiento para lixiviados de rellenos sanitarios mediante el acople de procesos avanzados de oxidación y biológicos. *Ingeniería y Competitividad*, 25.
<https://doi.org/10.25100/iyc.v25i4.11626>
- Benavides, H., & León, G. (2007). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*.
- Bioingepro. (2023, enero 21). *Eutrofización en cuerpos de agua superficial*.
<https://bioingepro.com.ar/2023/01/27/eutrofizacion-en-cuerpos-de-agua-superficial/>
- BOSCOLO, M. (2023, noviembre 7). *Los mil y un usos del dióxido de carbono, un «villano» necesario de nuestro tiempo*. National Geographic.
<https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/dioxido-de-carbono-por-que-es-malo-y-bueno>
- Bovea, M., Braulio, M., Carlos, M., Colomer, F., Gallardo, A., Ibañez, V., & Monrós, G. (2023). *Actas del X Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos* (Vol. 1350).
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=940730>
- Buenrostro, O., Díaz, L., Mañón, M. del C., & Hernández, M. del C. (2016). *Emisión de gases de efecto invernadero de dos sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos en México Greenhouse Gases Emission from two Disposal Sites of Municipal Solid Wastes in Mexico*.
- Cajamarca, E., Bueno, W., & Jimbo, J. (2018). De cero a dinero: La basura como fuente principal para un negocio inclusivo de reciclaje en Cuenca (Ecuador). *Retos*.
<https://doi.org/10.17163/ret.n15.2018.05>
- Campoverde, Z. (2018). *Diseño de un modelo de reciclaje inclusivo para la comunidad politécnica del campus «J. Ruben Orellana» de la escuela Politécnica Nacional*.
<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19729>
- Castro, S. (2017). *Gestión integral de residuos sólidos*. <http://www.areandina.edu.co>
- Chucos, A. (2020). *Impacto ambiental del manejo de residuos sólidos del botadero «El Porvenir» - El tambo*.
- Cobos, S., Guamán, J., & Zúñiga, J. (2022). Suitable site selection for transfer stations in a solid waste management system using analytical hierarchy process as a multi-criteria decision analysis: a case study in Azuay-Ecuador. *Environment, Development and Sustainability*, 25(2), 1944-1977. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02134-8>
- Collazos, H. (2013). *Diseño y operación de rellenos sanitarios*.

- Constitución. (2008). *CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR 2008*.
www.lexis.com.ec
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, (CMNUCC). (2015).
Acuerdo de París.
- Córdova, A., & Rodríguez, M. (2006). *Manual de Compostaje Municipal. Tratamiento de residuos sólidos urbanos*. <https://www.researchgate.net/publication/260972221>
- Curry, J., Christy, J., Mann, M., & Pielke, R. (2017). *Climate science : Assumptions, policy implications, and the scientific method*.
- Dávila, A., Castillo, L., Linares, I., & Martínez, V. (2021). Gestión de los residuos sólidos urbanos y su efecto en el aire, agua y suelo. *Revista Alfa*, 5(15).
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i15.128>
- Department of Ecology State of Washington. (2020). *Guia de taller para el manejo de desechos peligrosos*. <https://apps.ecology.wa.gov/publications/documents/0904015es.pdf>
- Díaz, A. (2015). *Simulación de los cubetos 8 y 9 del Relleno Sanitario Q del DMQ, usando el modelo computacional CorenostósV3*.
- Díaz, W. (2023). *La producción de biogás y su potencial en la generación eléctrica, caso del relleno sanitario la glorita en la ciudad de Pereira Colombia*.
- EADIC. (s. f.). *Fundamentos de Economía Circular y Aspectos de Sostenibilidad*.
- Echeverry, J., & Collazos, H. (2013). *Corenostós*.
- Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos (EMGIRS-EP). (2024, febrero 2). *Planta de Generación de Energía Eléctrica a partir del Biogás*.
<https://www.emgirs.gob.ec/index.php/zentools/zentools-slideshow/planta-de-incineracion-de-fauna-urbana-muerta-2>
- Empresa Pública Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC). (2024a, febrero 2). *Relleno Sanitario: Aprovechamiento de biogás para generación de energía eléctrica*.
<https://emac.gob.ec/servicios/relleno-sanitario/>
- Empresa Pública Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC). (2024b, febrero 18). *Reciclaje*.
<https://emac.gob.ec/servicios/reciclaje/#:~:text=La%20Empresa%20P%C3%ABblica%20municipal%20de%20Aseo%20de%20Cuenca,el%20reciclaje%20inclusivo%2C%20es%20de%20con%20la%20gente>.
- FAO, MINENERGIA, PNUD, & GEF. (2011). *Manual de Biogás*.
<https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>
- Gabriela Coba. (2020, diciembre 16). Estas son las nuevas reglas para los plásticos de un solo uso en Ecuador . *Primicias El Periodismo Comprometido*.
- Gallardo, C., Rojas, J., & Flórez, O. (2004). *La temperatura cinética media en los estudios de estabilidad a largo plazo y almacenamiento de los medicamentos*.
- Gallardo, J., Chávez, R., Robledo, D., Sánchez, L., & Tapia, E. (2022). *El gas metano: del efecto invernadero al tratamiento de enfermedades humanas* (Vol. 27).
- Gestión COOPS. (2006). *PLAN NACIONAL DE IMPLEMENTACIÓN PARA LA GESTIÓN DE LOS CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES EN EL ECUADOR*.

- Gila, H. A. (2022). *El mercado de la gestión de residuos sólidos urbanos en Ecuador*.
<http://ecuador.oficinascomerciales.es>
- Global Alliance for Incinerator Alternatives (GAIA). (2022). *De basura cero a cero emisiones*.
- Guzmán, A. (2015). *Guía para el diagnóstico de la generación y manejo de residuos sólidos urbanos en zonas marginadas*.
- Hansen, J., Sato, M., & Ruedy, R. (2012). Perception of climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(37).
<https://doi.org/10.1073/pnas.1205276109>
- Herrera, J., Rojas, J., & Anchía, D. (2017). Emisiones de gases efecto invernadero y contaminantes criterio derivados de diferentes medidas de mitigación en la gestión de residuos sólidos urbanos del cantón de San José, Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 1. <https://doi.org/10.15359/rca.52-1.5>
- INEC. (2022). *Estadística de información ambiental económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales*.
- Instituto Nacional de Bioingeniería. (2024). *¿Qué están desarrollando los investigadores financiados por el NIBIB en el área de modelado computacional?*
[https://www.nibib.nih.gov/sites/default/files/Computational_Modeling_Fact_Sheet_SPANISH_v5_508.pdf\[1\]](https://www.nibib.nih.gov/sites/default/files/Computational_Modeling_Fact_Sheet_SPANISH_v5_508.pdf[1])
- Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC). (s. f.). *Instituto Nacional de Estadística y Censo*.
- Instituto Nacional de Estadística y Censo, (INEC). (2023). *Estadística de información ambiental económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales*.
https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2022/Residuos_Solidos/Presentacion_GIRS_2022vFINAL.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2023). *Base de datos históricos - GAD*.
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/bases-de-datos-historicos-gad/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). *Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Mitigation of Climate Change.
- IPCC. (2023). *Sections. In: Climate Change 2023 Synthesis Report* (P. Arias, M. Bustamante, I. Elgizouli, G. Flato, M. Howden, C. Méndez-Vallejo, J. J. Pereira, R. Pichs-Madruga, S. K. Rose, Y. Saheb, R. Sánchez Rodríguez, D. Ürge-Vorsatz, C. Xiao, N. Yassaa, J. Romero, J. Kim, E. F. Haites, Y. Jung, R. Stavins, ... C. Péan, Eds.).
<https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- Izquierdo, M. M. (2021). *Análisis de la gestión de los desechos peligrosos y especiales domiciliarios en el Distrito Metropolitano de Quito*.
<https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/8177/1/T3562-MCCNA-Izquierdo-Analisis.pdf>
- Jijón, P. (2019). Sobre la gestión de residuos sólidos en Quito. Una mirada desde y hacia las organizaciones de base entrevista con Claudia Andrade. En *CÁLAMO / Revista de Estudios Jurídicos. Quito-Ecuador*. Núm (Vol. 11).

- Kaza, S., Yao, L., Bhada, P., & Van, F. (2018). *What a waste 2.0 A global snapshot of solid waste management to 2050*.
- LEANpio. (2022, enero 31). *Residuos agrícolas y su tratamiento*.
<https://www.leanpio.com/es/blog/residuos-agricolas-tratamiento>
- López, M., Aguilar, M., & Arguelles, C. (2020). *Evaluación del sitio de disposición final de residuos sólidos en Martínez de la Torre, Veracruz*.
<http://rinderesu.com/index.php/rinderesu/article/view/67/71>
- Mar, K. A., Unger, C., Walderdorff, L., & Butler, T. (2022). Beyond CO2 equivalence: The impacts of methane on climate, ecosystems, and health. *Environmental Science and Policy*, 134, 127-136. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.03.027>
- mideplan. (2012). *Guía Metodológica para la Preparación y Evaluación de Proyectos de Sitios de Disposición Final de Residuos Sólidos Ordinarios*. www.mideplan.go.cr
- Ministerio de Energía de Chile. (2023, diciembre 26). *Electromovilidad en Ecuador*.
<https://energia.gob.cl/electromovilidad/transporte-de-pasajeros/electromovilidad-en-ecuador>
- Ministerio del Ambiente. (2001). *IMPLEMENTACION DEL CONVENIO DE BASILEA EN ECUADOR*.
- Ministerio del Ambiente. (2010). *Programa nacional para la gestión integral de desechos sólidos (PNGIDS)*.
- C Acuerdo No.061 Reforma del libro VI del texto unificado de legislación secundaria.
https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_acuerdo-ministerial-061.pdf
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Primer informe bienal de actualización del Ecuador a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*.
<https://unfccc.int/sites/default/files/resource/ECUBUR1.pdf>
- Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, (MAATE). (2017). *Código orgánico del ambiente*.
<https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/private/asambleanacional/filesasambleanacionalnameuid-29/Leyes%202013-2017/102-ambiente/ro-cod-ambiente-ro-s-983-12-04-2017.pdf>
- Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, (2023). *Sistema de información de Proyecciones y Riesgo Climático, Medidas de Adaptación al Cambio Climático e Indicador de Vulnerabilidad del Ecuador (SPRACC)*. <http://spracc.ambiente.gob.ec/geovisor-web-spracc/frontend/>
- Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, (MAATE). (2010). *CODIGO ORGANICO DE ORGANIZACION TERRITORIAL, COOTAD*. www.lexis.com.ec
- Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, (MAATE). (2019). *REGLAMENTO AL CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE*. www.lexis.com.ec
- Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, (MAATE). (2023a). *Proyecto de Gestión de residuos sólidos y economía circular inclusiva (GRECI). Diagnóstico sectorial de la gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos en municipios del Ecuador*.
<https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/07/3.pdf>

- Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, (MAATE). (2023b, diciembre 7). *El Nuevo Ecuador*. Ecuador se destaca en la COP28 marcando un compromiso firme por la sostenibilidad ambiental. <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-se-destaca-en-la-cop28-marcando-un-compromiso-firme-por-la-sostenibilidad-ambiental/>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2020, julio 8). *Boletín Oficial del Estado*. <https://www.boe.es/boe/dias/2020/07/08/pdfs/BOE-A-2020-7438.pdf>
- Moeller, D. W. (2019). *Environmental Health: Third Edition*.
- Mosquera, E. (2018). *Diseño de un sistema de tratamiento de lixiviados para la celda emergente de residuos sólidos del municipio de Pastaza*.
- Municipio de Loja. (2023). *Sistema de gestión integral de residuos sólidos del cantón Loja*. <https://www.loja.gob.ec/gestionambiental>
- Naciones Unidas, (ONU). (1998). *Protocolo de Kyoto de la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático*. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>
- NASA. (2024, febrero 18). *Cambio Climático Global: Temperatura Global Superficial*. Global Temperature. <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>
- NMED, D. de M. A. de N. M. (2023, julio). *Gestión de residuos*.
- Olmedo, J., & Curillo, J. (2019). «VALORACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DEL BIOGÁS QUE SE GENERA EN EL RELLENO SANITARIO CEIBALES DE LA CIUDAD DE MACHALA».
- Orozco, M. (2024, marzo 14). *El primer bus eléctrico fabricado en Ecuador dará servicios en Galápagos*. Primicias El Periodismo Comprometido.
- Palacios, R., & Moreno, L. (2014). El empleo verde en el Ecuador: Un diagnóstico necesario frente a la crisis ambiental. *Revista de Investigación Científica*.
- Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC). (2024, febrero 18). *Sixth Assessment Report*. Sixth Assessment Report. <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>
- PNUMA. (2004). *CONVENIO DE ESTOCOLMO SOBRE CONTAMINANTES ORGANICOS PERSISTENTES*.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2013). *Escenario línea base de emisiones GEI del sector de residuos antrópicos*.
- Quevedo, G., & Rodríguez, M. (2022). *Introducción de sistema de captura de biogás en el relleno sanitario de la ciudad del Portoviejo*. <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/article/view/678/837>
- RENAREC. (2024, marzo 19). *Red Nacional de Recicladores del Ecuador*. Queremos que nuestro trabajo sea reconocido. <https://renarec.com/>
- (RMALC), R. M. de A. F. al L. C. (2000). *El manejo de residuos peligrosos en los estados fronterizos de México - Estados Unidos: Más preguntas que respuestas*. <http://www.texascenter.org/publications/residuos.pdf>

- Rubio, C., Pacheco, J., Gutiérrez, H., Mendoza, C., Martínez, J., & Picón, M. (2009). *Aproximaciones de la diferencia media logarítmica de temperatura (DMLT) en problemas de optimización matemática, aplicación al problema CGAM.*
- Secretaría Técnica del Comité Nacional de Límites, (CONALI). (2018). *Portal Único de Trámites Ciudadanos*. Demarcación de límites del Ecuador.
- Silbert, V. (2018). *Manual de buenas prácticas para producir compost hogareño.*
<https://www.uv.mx/hab/files/2022/03/Manual-de-buenas-practicas-para-producir-ocmpost-hogareno.pdf>
- Solano, J. (2022). *Fortalecimiento de las capacidades municipales para la gestión de residuos sólidos a través de sistemas Basura Cero.*
- Solano, J., Cobos, S., & Gárate, P. (2020). Criterios de selección para un sitio de disposición final de residuos sólidos no peligrosos. Revisión de normas ambientales latinoamericanas y su contraste con la norma Ecuatoriana. *Rev. Int. Contam. Ambie*, 37, 2021.
<https://doi.org/10.20937/RICA.53660>
- Solíz, M., Durango, J., Solano, J., & Yépez, M. (2020). *Cartografía de los residuos sólidos en Ecuador 2020.*
- Tchobanoglous, G., Theissen, H., & Eliassen, R. (2009). *DESECHOS SÓLIDOS PRINCIPIOS DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN.*
- Toro, E., Szantó, M., Juan, N., Pacheco, F., Contreras, E., & Gálvez, A. (2016). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios.* 17-18.
- Torri, S. (2017). *¿Qué es un relleno sanitario?*
<https://www.researchgate.net/publication/319624681>
- TULSMA, M. del A. (2018). *Texto Unificado de la legislación secundaria de medio ambiente.*
<https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>
- USEPA. (2024). *Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos*. utilización del biogás, como La industria, los procesos agrícolas y la generación de electricidad.
<https://www.usa.gov/es/agencias/agencia-de-proteccion-ambiental-de-estados-unidos>
- Van, R., Crippa, M., Maenhout, G., Guizzardi, D., & Dentener, F. (2018). *Global trends of methane emissions and their impacts on ozone concentrations.*
<https://doi.org/10.2760/820175>
- Vélez, A., & Camargo, Y. (2009). *Emisiones de biogás producidas en rellenos sanitarios.*
<https://www.researchgate.net/publication/276062721>
- Vera, I., Estrada, M., Martínez, J., & Ortiz, A. (2014). *Potencial de generación de biogás y energía eléctrica. Parte II: residuos sólidos urbanos.* 3, 471-478. www.inegi.org.mx
- Zúñiga, J., & Guamán, J. (2020). *Propuesta de sistema de transporte y aprovechamiento de residuos sólidos urbanos para la provincia del Azuay.*

ANEXOS

Anexo 1. Emisiones de metano en el periodo 2014-2023

Cantidad de metano (Kton) generado en el Ecuador entre los años 2014 - 2023															
Provincia	Región	Cantón	Sitio de Disposición Final	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Total	Porcentaje
Guayas	Costa	Guayaquil	Relleno Sanitario	1,75	8,86	17,02	21,97	27,23	34,80	40,03	43,10	49,42	55,70	299,88	23,28%
Pichincha	Sierra	Quito	Relleno Sanitario	2,19	10,71	19,60	23,85	25,24	26,61	28,48	29,67	30,61	31,46	228,43	17,73%
Guayas	Costa	Durán	Relleno Sanitario	0,27	1,31	2,41	2,91	3,08	3,23	3,56	4,20	4,86	5,25	31,07	2,41%
Azuay	Sierra	Cuenca	Relleno Sanitario	0,34	1,68	3,12	3,92	4,29	4,51	4,63	4,67	4,75	4,86	36,77	2,85%
Santo domingo de los tsáchilas	Costa	Santo domingo	Relleno Sanitario	0,38	1,86	3,32	3,79	3,97	4,22	4,47	4,71	4,73	4,66	36,10	2,80%
El oro	Costa	Machala	Relleno Sanitario	0,19	0,93	1,82	2,56	2,97	3,27	3,57	3,67	3,93	4,26	27,16	2,11%
Tungurahua	Sierra	Ambato	Relleno Sanitario	0,24	1,16	2,10	2,66	2,92	3,12	3,38	3,54	3,64	3,73	26,49	2,06%
Manabí	Costa	Manta	Relleno Sanitario	0,17	0,82	1,54	2,02	2,34	2,47	2,58	2,76	2,94	3,05	20,68	1,61%
Manabí	Costa	Portoviejo	Celda Emergente	0,24	1,19	2,15	2,58	2,70	2,53	2,49	2,64	2,73	2,81	22,06	1,71%
Esmeraldas	Costa	Esmeraldas	Botadero	0,18	0,87	1,58	1,92	2,10	2,18	2,23	2,33	2,44	2,50	18,34	1,42%
Loja	Sierra	Loja	Relleno Sanitario	0,14	0,68	1,29	1,68	1,86	1,98	2,10	2,10	2,10	2,14	16,07	1,25%
Chimborazo	Sierra	Riobamba	Celda Emergente	0,15	0,71	1,30	1,60	1,75	1,83	1,91	1,96	2,00	2,04	15,26	1,18%
Los ríos	Costa	Quevedo	Celda Emergente	0,13	0,65	1,18	1,44	1,66	2,07	2,38	2,27	2,06	1,99	15,85	1,23%
Imbabura	Sierra	Ibarra	Relleno Sanitario	0,13	0,64	1,17	1,47	1,62	1,70	1,78	1,84	1,88	1,93	14,16	1,10%
Santa elena	Costa	Santa elena	Botadero	0,09	0,45	0,82	0,98	1,00	1,00	1,09	1,36	1,67	1,88	10,35	0,80%
Los ríos	Costa	Babahoyo		0,12	0,61	1,12	1,40	1,56	1,60	1,60	1,62	1,63	1,66	12,92	1,00%
Cotopaxi	Sierra	Latacunga	Celda	0,07	0,37	0,69	0,88	0,97	1,11	1,43	1,64	1,53	1,61	10,30	0,80%

			Emergente												
Pichincha	Sierra	Rumiñahui	Relleno Sanitario	0,06	0,31	0,66	0,83	0,86	0,95	1,20	1,42	1,50	1,55	9,35	0,73%
Guayas	Costa	Milagro	Relleno Sanitario	0,13	0,61	1,12	1,34	1,41	1,45	1,45	1,44	1,46	1,49	11,90	0,92%
Guayas	Costa	Daule	Celda Emergente	0,10	0,49	0,90	1,11	1,17	1,05	0,96	1,08	1,30	1,46	9,63	0,75%
Bolívar	Sierra	Guaranda	Celda Emergente	0,04	0,23	0,53	0,82	0,97	1,06	1,16	1,21	1,24	1,27	8,52	0,66%
Esmeraldas	Costa	Quinindé	Relleno Sanitario	0,11	0,56	1,02	1,22	1,27	1,29	1,28	1,23	1,23	1,24	10,45	0,81%
Manabí	Costa	Chone	Botadero	0,12	0,57	0,97	1,07	1,06	1,06	1,08	1,09	1,10	1,11	9,24	0,72%
Sucumbíos	Amazonía	Lago agrio	Relleno Sanitario	0,08	0,40	0,73	0,92	1,02	1,06	1,06	1,04	1,04	1,06	8,40	0,65%
Carchi	Sierra	Tulcán	Relleno Sanitario	0,09	0,43	0,79	0,98	1,07	1,12	1,14	1,11	1,06	1,06	8,85	0,69%
Guayas	Costa	Samborondón	Relleno Sanitario	0,03	0,13	0,25	0,35	0,46	0,64	0,79	0,85	0,94	1,05	5,49	0,43%
Santa elena	Costa	Salinas	Botadero	0,06	0,28	0,51	0,63	0,65	0,69	0,78	0,87	0,95	1,00	6,42	0,50%
Santa elena	Costa	La libertad	Botadero	0,06	0,29	0,54	0,64	0,68	0,71	0,75	0,83	0,90	0,95	6,36	0,49%
Los ríos	Costa	Buena fe	Celda Emergente	0,05	0,25	0,46	0,57	0,63	0,69	0,76	0,83	0,89	0,95	6,09	0,47%
Guayas	Costa	Naranjal	Relleno Sanitario	0,06	0,31	0,58	0,70	0,75	0,79	0,83	0,87	0,90	0,94	6,74	0,52%
Cañar	Sierra	La troncal	Celda Emergente	0,06	0,28	0,51	0,61	0,65	0,69	0,73	0,78	0,84	0,88	6,02	0,47%
Manabí	Costa	El carmen	Relleno Sanitario	0,06	0,28	0,50	0,59	0,64	0,72	0,79	0,83	0,86	0,88	6,13	0,48%
Pichincha	Sierra	Mejía	Relleno Sanitario	0,06	0,31	0,57	0,70	0,77	0,81	0,80	0,79	0,80	0,82	6,44	0,50%
Pichincha	Sierra	Cayambe	Relleno Sanitario	0,05	0,24	0,45	0,58	0,64	0,68	0,72	0,76	0,78	0,81	5,69	0,44%
El oro	Costa	Pasaje	Relleno Sanitario	0,05	0,24	0,45	0,60	0,69	0,70	0,69	0,70	0,74	0,80	5,66	0,44%
El oro	Costa	Santa rosa	Relleno Sanitario	0,07	0,32	0,57	0,68	0,72	0,73	0,75	0,77	0,78	0,80	6,19	0,48%
Imbabura	Sierra	Otavalo	Relleno Sanitario	0,05	0,26	0,49	0,65	0,73	0,73	0,74	0,76	0,78	0,79	5,99	0,46%
Manabí	Costa	Jipijapa	Relleno Sanitario	0,04	0,20	0,37	0,44	0,49	0,59	0,69	0,74	0,77	0,78	5,11	0,40%

Guayas	Costa	Naranjito	Botadero	0,05	0,24	0,42	0,50	0,53	0,54	0,56	0,63	0,71	0,77	4,96	0,38%
Orellana	Amazonía	Francisco de Orellana	Botadero	0,05	0,25	0,48	0,62	0,68	0,69	0,71	0,73	0,75	0,77	5,71	0,44%
Los ríos	Costa	Ventanas	Celda Emergente	0,06	0,29	0,54	0,73	0,84	0,90	0,95	0,94	0,85	0,76	6,85	0,53%
Cañar	Sierra	Azogues	Relleno Sanitario	0,05	0,23	0,42	0,52	0,58	0,63	0,67	0,70	0,72	0,74	5,25	0,41%
Chimborazo	Sierra	Guamote	Relleno Sanitario	0,03	0,13	0,21	0,33	0,47	0,56	0,64	0,68	0,71	0,73	4,50	0,35%
Pastaza	Amazonía	Pastaza	Relleno Sanitario	0,05	0,23	0,42	0,54	0,62	0,62	0,57	0,59	0,66	0,73	5,02	0,39%
Los ríos	Costa	Vinces	Celda Emergente	0,05	0,25	0,46	0,56	0,59	0,61	0,63	0,64	0,65	0,67	5,11	0,40%
Guayas	Costa	San jacinto de yaguachi	Celda Emergente	0,04	0,17	0,32	0,43	0,49	0,49	0,52	0,58	0,61	0,63	4,29	0,33%
Guayas	Costa	El empalme	Celda Emergente	0,06	0,31	0,55	0,63	0,65	0,63	0,61	0,61	0,61	0,62	5,27	0,41%
Cañar	Sierra	Cañar	Celda Emergente	0,04	0,21	0,40	0,52	0,55	0,53	0,51	0,52	0,56	0,61	4,44	0,34%
Esmeraldas	Costa	San lorenzo	Celda Emergente	0,03	0,17	0,32	0,40	0,46	0,49	0,52	0,55	0,57	0,60	4,12	0,32%
Esmeraldas	Costa	Atacames	Relleno Sanitario	0,03	0,17	0,31	0,37	0,39	0,42	0,47	0,51	0,55	0,58	3,82	0,30%
Manabí	Costa	Montecristi	Celda Emergente	0,04	0,19	0,35	0,43	0,46	0,49	0,52	0,53	0,55	0,58	4,12	0,32%
Los ríos	Costa	Valencia	Celda Emergente	0,03	0,14	0,26	0,31	0,31	0,32	0,37	0,45	0,53	0,57	3,27	0,25%
Napo	Amazonía	Tena	Celda Emergente	0,05	0,25	0,46	0,59	0,62	0,56	0,52	0,50	0,51	0,52	4,58	0,36%
Manabí	Costa	Sucre	Botadero	0,04	0,21	0,38	0,47	0,49	0,49	0,50	0,51	0,51	0,52	4,13	0,32%
Manabí	Costa	Pedernales	Botadero	0,04	0,18	0,34	0,41	0,45	0,47	0,49	0,50	0,51	0,51	3,90	0,30%
Imbabura	Sierra	Antonio ante	Relleno Sanitario	0,04	0,19	0,34	0,43	0,52	0,62	0,66	0,60	0,53	0,50	4,42	0,34%
El oro	Costa	El guabo	Botadero	0,03	0,16	0,30	0,38	0,41	0,41	0,41	0,42	0,45	0,49	3,47	0,27%
Sucumbíos	Amazonía	Shushufindi	Relleno Sanitario	0,03	0,16	0,31	0,39	0,43	0,44	0,45	0,46	0,48	0,49	3,64	0,28%
Guayas	Costa	Salitre (urbina jado)	Botadero	0,03	0,14	0,27	0,33	0,35	0,37	0,39	0,42	0,46	0,47	3,23	0,25%
Chimborazo	Sierra	Alausí	Relleno Sanitario	0,04	0,20	0,36	0,42	0,45	0,46	0,47	0,47	0,47	0,47	3,81	0,30%

Santo domingo de los tsáchilas	Costa	La concordia	Celda Emergente	0,03	0,16	0,30	0,37	0,40	0,42	0,44	0,45	0,46	0,47	3,49	0,27%
Azuay	Sierra	Gualaceo	Relleno Sanitario	0,04	0,19	0,34	0,41	0,43	0,45	0,46	0,46	0,46	0,46	3,68	0,29%
El oro	Costa	Arenillas	Celda Emergente	0,01	0,07	0,13	0,15	0,17	0,17	0,20	0,30	0,40	0,46	2,07	0,16%
Guayas	Costa	Playas	Botadero	0,02	0,11	0,21	0,28	0,31	0,34	0,38	0,41	0,43	0,45	2,93	0,23%
Esmeraldas	Costa	Eloy alfaró	Botadero	0,03	0,12	0,23	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,44	0,45	3,02	0,23%
Orellana	Amazonía	La joya de los sachas	Relleno Sanitario	0,04	0,18	0,32	0,40	0,43	0,43	0,43	0,44	0,44	0,44	3,54	0,27%
Guayas	Costa	Santa lucía	Celda Emergente	0,01	0,07	0,13	0,18	0,22	0,23	0,26	0,33	0,39	0,40	2,21	0,17%
Manabí	Costa	Rocafuerte	Botadero	0,03	0,14	0,25	0,31	0,34	0,35	0,36	0,37	0,37	0,38	2,89	0,22%
Morona santiago	Amazonía	Morona	Relleno Sanitario	0,02	0,11	0,21	0,27	0,30	0,32	0,32	0,33	0,35	0,38	2,60	0,20%
Los ríos	Costa	Mocache	Celda Emergente	0,03	0,14	0,26	0,32	0,34	0,35	0,36	0,36	0,37	0,37	2,90	0,22%
Azuay	Sierra	Camilo ponce enriquez	Celda Emergente	0,02	0,09	0,18	0,23	0,26	0,28	0,30	0,32	0,35	0,37	2,39	0,19%
Tungurahua	Sierra	San pedro de pelileo	Relleno Sanitario	0,03	0,15	0,26	0,32	0,36	0,37	0,34	0,33	0,34	0,36	2,87	0,22%
Imbabura	Sierra	Cotacachi	Relleno Sanitario	0,02	0,12	0,24	0,33	0,34	0,35	0,38	0,39	0,38	0,36	2,91	0,23%
Cotopaxi	Sierra	Salcedo	Relleno Sanitario	0,04	0,18	0,28	0,31	0,33	0,35	0,38	0,40	0,38	0,35	3,01	0,23%
Loja	Sierra	Catamayo	Relleno Sanitario	0,02	0,11	0,22	0,29	0,32	0,32	0,33	0,34	0,34	0,35	2,63	0,20%
Manabí	Costa	Bolívar	Celda Emergente	0,03	0,13	0,23	0,28	0,30	0,33	0,34	0,35	0,35	0,35	2,68	0,21%
Chimborazo	Sierra	Colta	Relleno Sanitario	0,02	0,11	0,21	0,27	0,31	0,33	0,36	0,41	0,40	0,34	2,77	0,22%
Carchi	Sierra	Montúfar	Relleno Sanitario	0,02	0,09	0,19	0,24	0,27	0,30	0,32	0,33	0,33	0,34	2,43	0,19%
El oro	Costa	Huaquillas	Botadero	0,04	0,21	0,38	0,44	0,44	0,46	0,46	0,41	0,35	0,33	3,51	0,27%
Cotopaxi	Sierra	Pujilí	Celda Emergente	0,02	0,12	0,22	0,27	0,29	0,30	0,31	0,32	0,32	0,33	2,51	0,19%
Guayas	Costa	Simón bolívar	Botadero	0,01	0,06	0,11	0,14	0,16	0,22	0,27	0,30	0,31	0,32	1,90	0,15%
Guayas	Costa	Pedro carbo	Relleno Sanitario	0,02	0,12	0,22	0,26	0,28	0,29	0,30	0,31	0,31	0,32	2,42	0,19%

Chimborazo	Sierra	Guano	Celda Emergente	0,03	0,15	0,27	0,32	0,34	0,33	0,32	0,33	0,32	0,32	2,72	0,21%
Guayas	Costa	El triunfo	Botadero	0,02	0,08	0,15	0,21	0,25	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31	2,18	0,17%
Manabí	Costa	Tosagua	Celda Emergente	0,03	0,13	0,24	0,27	0,27	0,27	0,27	0,29	0,30	0,31	2,36	0,18%
Bolívar	Sierra	San miguel	Celda Emergente	0,02	0,09	0,16	0,20	0,22	0,25	0,28	0,30	0,30	0,31	2,12	0,16%
Cotopaxi	Sierra	La maná	Celda Emergente	0,03	0,15	0,27	0,28	0,26	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	2,40	0,19%
El oro	Costa	Piñas	Botadero	0,02	0,08	0,15	0,18	0,19	0,21	0,24	0,27	0,29	0,30	1,93	0,15%
Manabí	Costa	Pichincha	Botadero	0,03	0,12	0,22	0,27	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29	0,29	2,36	0,18%
Manabí	Costa	Jaramijó	Relleno Sanitario	0,01	0,06	0,11	0,14	0,17	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	1,70	0,13%
Pichincha	Sierra	San miguel de los bancos	Celda Emergente	0,01	0,06	0,11	0,14	0,16	0,18	0,21	0,23	0,25	0,27	1,63	0,13%
Azuay	Sierra	Sígsig	Relleno Sanitario	0,01	0,07	0,12	0,14	0,15	0,16	0,20	0,24	0,26	0,27	1,62	0,13%
Loja	Sierra	Calvas	Relleno Sanitario	0,02	0,09	0,17	0,21	0,23	0,25	0,26	0,26	0,26	0,26	2,02	0,16%
Los ríos	Costa	Urdaneta	Botadero	0,02	0,10	0,18	0,21	0,20	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	1,81	0,14%
Zamora chinchipe	Amazonía	Zamora	Relleno Sanitario	0,02	0,09	0,16	0,20	0,21	0,22	0,22	0,23	0,24	0,26	1,86	0,14%
Guayas	Costa	Nobol	Botadero	0,02	0,09	0,16	0,19	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,25	1,85	0,14%
Azuay	Sierra	Paute	Relleno Sanitario	0,02	0,08	0,15	0,18	0,20	0,21	0,22	0,23	0,23	0,24	1,76	0,14%
Chimborazo	Sierra	Cumandá	Relleno Sanitario	0,01	0,05	0,10	0,13	0,14	0,15	0,17	0,21	0,23	0,24	1,43	0,11%
Cotopaxi	Sierra	Pangua	Relleno Sanitario	0,02	0,08	0,15	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,23	0,24	1,77	0,14%
Manabí	Costa	Jama	Relleno Sanitario	0,02	0,09	0,15	0,16	0,15	0,17	0,20	0,22	0,23	0,23	1,63	0,13%
Pichincha	Sierra	Pedro moncayo	Relleno Sanitario	0,02	0,12	0,20	0,24	0,25	0,23	0,22	0,22	0,22	0,23	1,95	0,15%
Guayas	Costa	Balzar	Botadero	0,03	0,14	0,27	0,33	0,36	0,37	0,39	0,38	0,31	0,23	2,80	0,22%
Los ríos	Costa	Puebloviejo	Celda Emergente	0,01	0,07	0,13	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,22	1,61	0,12%
Loja	Sierra	Saraguro	Celda Emergente	0,01	0,05	0,09	0,11	0,12	0,16	0,19	0,20	0,21	0,21	1,35	0,11%
Tungurahua	Sierra	Santiago de	Relleno	0,02	0,08	0,14	0,18	0,19	0,19	0,19	0,19	0,20	0,20	1,58	0,12%

		píllaro	Sanitario													
Orellana	Amazonía	Loreto	Botadero	0,01	0,05	0,10	0,15	0,18	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	1,50	0,12%	
Los ríos	Costa	Baba	Botadero	0,02	0,09	0,15	0,18	0,19	0,19	0,19	0,20	0,20	0,20	1,61	0,12%	
Pichincha	Sierra	Puertoquito	Relleno Sanitario	0,02	0,09	0,16	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	1,65	0,13%	
Guayas	Costa	Alfredo baquerizo moreno (juján)	Relleno Sanitario	0,01	0,04	0,07	0,09	0,11	0,16	0,21	0,21	0,20	0,20	1,29	0,10%	
Cañar	Sierra	Biblián	Relleno Sanitario	0,01	0,07	0,12	0,15	0,16	0,16	0,16	0,17	0,18	0,19	1,39	0,11%	
Guayas	Costa	Lomas sargentillo de	Botadero	0,01	0,06	0,10	0,13	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,19	1,35	0,11%	
Esmeraldas	Costa	Rioverde		0,02	0,10	0,19	0,23	0,24	0,25	0,25	0,24	0,22	0,19	1,92	0,15%	
Esmeraldas	Costa	Muisne	Botadero	0,02	0,08	0,14	0,17	0,17	0,18	0,18	0,19	0,19	0,19	1,50	0,12%	
Guayas	Costa	Palestina	Celda Emergente	0,01	0,04	0,08	0,09	0,11	0,13	0,14	0,16	0,18	0,19	1,14	0,09%	
Napo	Amazonía	Archidona	Celda Emergente	0,03	0,13	0,18	0,17	0,17	0,18	0,18	0,18	0,19	0,19	1,60	0,12%	
El oro	Costa	Zaruma	Celda Emergente	0,02	0,07	0,13	0,16	0,17	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	1,45	0,11%	
Manabí	Costa	Puerto lópez	Botadero	0,02	0,08	0,14	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,18	1,42	0,11%	
Guayas	Costa	Balao	Relleno Sanitario	0,02	0,09	0,16	0,19	0,21	0,23	0,23	0,21	0,18	0,18	1,68	0,13%	
Manabí	Costa	Junín	Celda Emergente	0,01	0,06	0,12	0,14	0,15	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	1,33	0,10%	
Manabí	Costa	Santa ana	Celda Emergente	0,03	0,13	0,23	0,29	0,30	0,25	0,20	0,18	0,17	0,17	1,94	0,15%	
Tungurahua	Sierra	Baños de agua santa	Relleno Sanitario	0,01	0,07	0,13	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,17	1,31	0,10%	
Loja	Sierra	Paltas	Relleno Sanitario	0,01	0,07	0,12	0,15	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17	1,35	0,10%	
Bolívar	Sierra	Chillanes	Botadero	0,01	0,06	0,12	0,14	0,15	0,15	0,16	0,16	0,17	0,17	1,29	0,10%	
Morona santiago	Amazonía	Taisha	Botadero	0,01	0,04	0,08	0,11	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16	0,17	1,15	0,09%	
Carchi	Sierra	Bolívar	Relleno Sanitario	0,01	0,06	0,10	0,13	0,15	0,15	0,16	0,16	0,17	0,17	1,26	0,10%	
Bolívar	Sierra	Caluma	Botadero	0,01	0,06	0,11	0,13	0,14	0,13	0,13	0,14	0,15	0,16	1,17	0,09%	
Azuay	Sierra	Santa isabel	Relleno Sanitario	0,02	0,08	0,12	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,16	1,24	0,10%	
Loja	Sierra	Macará	Celda	0,01	0,05	0,10	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16	1,17	0,09%	

			Emergente												
Tungurahua	Sierra	Quero	Celda Emergente	0,01	0,06	0,10	0,12	0,13	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	1,16	0,09%
Loja	Sierra	Puyango	Celda Emergente	0,01	0,05	0,10	0,13	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	1,22	0,10%
Carchi	Sierra	Espejo	Relleno Sanitario	0,01	0,05	0,10	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15	0,15	0,16	1,16	0,09%
Morona santiago	Amazonía	Sucúa	Celda Emergente	0,01	0,03	0,05	0,06	0,06	0,09	0,12	0,14	0,15	0,16	0,87	0,07%
Manabí	Costa	San vicente	Botadero	0,01	0,04	0,08	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15	0,15	1,09	0,08%
Sucumbíos	Amazonía	Cascales	Relleno Sanitario	0,01	0,05	0,09	0,11	0,12	0,13	0,13	0,14	0,15	0,15	1,08	0,08%
Manabí	Costa	Paján	Relleno Sanitario	0,03	0,12	0,22	0,27	0,28	0,29	0,28	0,23	0,17	0,15	2,03	0,16%
Los ríos	Costa	Montalvo	Botadero	0,01	0,04	0,08	0,11	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15	1,08	0,08%
Cotopaxi	Sierra	Saquisilí	Celda Emergente	0,01	0,05	0,09	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14	0,14	0,15	1,10	0,09%
Chimborazo	Sierra	Chambo	Celda Emergente	0,01	0,04	0,07	0,08	0,09	0,09	0,10	0,12	0,14	0,14	0,87	0,07%
Los ríos	Costa	Quinsaloma	Celda Emergente	0,01	0,04	0,08	0,10	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14	1,02	0,08%
Bolívar	Sierra	Echeandía	Celda Emergente	0,01	0,04	0,07	0,09	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,88	0,07%
Sucumbíos	Amazonía	Putumayo	Celda Emergente	0,00	0,02	0,05	0,07	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,84	0,06%
Chimborazo	Sierra	Chunchi	Relleno Sanitario	0,01	0,03	0,06	0,08	0,09	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,83	0,06%
Zamora chinchipe	Amazonía	Yantzaza	Relleno Sanitario	0,01	0,05	0,08	0,11	0,12	0,15	0,17	0,16	0,14	0,13	1,11	0,09%
Guayas	Costa	Coronel marcelino maridueña	Relleno Sanitario	0,01	0,04	0,07	0,08	0,09	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,85	0,07%
Pastaza	Amazonía	Mera	Relleno Sanitario	0,00	0,02	0,05	0,08	0,12	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,91	0,07%
El oro	Costa	Portovelo	Botadero	0,01	0,03	0,06	0,08	0,09	0,10	0,11	0,11	0,11	0,12	0,82	0,06%
Imbabura	Sierra	Pimampiro	Relleno Sanitario	0,01	0,03	0,07	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,88	0,07%
Pichincha	Sierra	Pedro vicente maldonado	Relleno Sanitario	0,01	0,06	0,11	0,12	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,12	0,93	0,07%
Guayas	Costa	Isidro ayora	Botadero	0,01	0,03	0,06	0,08	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,80	0,06%

Imbabura	Sierra	San miguel de urcuquí	Relleno Sanitario	0,01	0,04	0,07	0,09	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,84	0,06%
Guayas	Costa	Colimes	Botadero	0,01	0,04	0,08	0,09	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,85	0,07%
Manabí	Costa	Flavio alfaro	Celda Emergente	0,01	0,05	0,08	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,89	0,07%
Cañar	Sierra	El tambo	Celda Emergente	0,01	0,03	0,06	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,10	0,11	0,69	0,05%
Tungurahua	Sierra	Tisaleo	Celda Emergente	0,00	0,02	0,04	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,11	0,69	0,05%
Los ríos	Costa	Palenque	Celda Emergente	0,02	0,09	0,16	0,21	0,20	0,16	0,13	0,11	0,11	0,11	1,29	0,10%
Guayas	Costa	General antonio elizalde	Relleno Sanitario	0,01	0,04	0,06	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,77	0,06%
Azuay	Sierra	Girón	Relleno Sanitario	0,01	0,03	0,05	0,05	0,05	0,07	0,09	0,10	0,10	0,10	0,65	0,05%
Manabí	Costa	24 de mayo	Celda Emergente	0,02	0,08	0,15	0,18	0,19	0,16	0,12	0,11	0,10	0,10	1,19	0,09%
Chimborazo	Sierra	Pallatanga	Relleno Sanitario	0,01	0,04	0,06	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,76	0,06%
Cotopaxi	Sierra	Sigchos	Relleno Sanitario	0,01	0,05	0,09	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09	0,87	0,07%
Tungurahua	Sierra	Patate	Relleno Sanitario	0,01	0,04	0,07	0,08	0,09	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09	0,75	0,06%
Azuay	Sierra	Sevilla de oro	Relleno Sanitario	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,50	0,04%
Pastaza	Amazonía	Arajuno	Relleno Sanitario	0,01	0,03	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,59	0,05%
Zamora chinchipe	Amazonía	El pangui	Botadero	0,01	0,03	0,05	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,08	0,08	0,66	0,05%
Loja	Sierra	Espíndola	Celda Emergente	0,01	0,04	0,07	0,09	0,10	0,11	0,11	0,10	0,09	0,08	0,80	0,06%
Tungurahua	Sierra	Cevallos	Botadero	0,01	0,02	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,58	0,04%
Loja	Sierra	Zapotillo	Botadero	0,00	0,02	0,04	0,05	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,56	0,04%
Loja	Sierra	Gonzanamá	Relleno Sanitario	0,01	0,04	0,07	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,70	0,05%
Carchi	Sierra	Mira	Relleno Sanitario	0,01	0,03	0,05	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,61	0,05%
Zamora chinchipe	Amazonía	Chinchipe	Relleno Sanitario	0,00	0,02	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,48	0,04%
Bolívar	Sierra	Chimbo	Celda	0,01	0,03	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,60	0,05%

			Emergente												
Morona santiago	Amazonía	Gualaquiza	Relleno Sanitario	0,01	0,04	0,07	0,08	0,09	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,65	0,05%
Napo	Amazonía	El chaco	Relleno Sanitario	0,00	0,02	0,05	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,55	0,04%
Morona santiago	Amazonía	Limón indanza	Relleno Sanitario	0,00	0,02	0,04	0,06	0,06	0,07	0,08	0,07	0,07	0,07	0,55	0,04%
Galapagos	Insular	Santa cruz	Relleno Sanitario	0,00	0,02	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,49	0,04%
Morona santiago	Amazonía	Huamboya	Relleno Sanitario	0,00	0,02	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,51	0,04%
Loja	Sierra	Celica	Relleno Sanitario	0,01	0,06	0,11	0,14	0,15	0,13	0,12	0,11	0,09	0,07	0,98	0,08%
Azuay	Sierra	Pucará	Relleno Sanitario	0,01	0,03	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,51	0,04%
Azuay	Sierra	Chordeleg	Relleno Sanitario	0,01	0,03	0,05	0,07	0,08	0,09	0,10	0,09	0,07	0,07	0,64	0,05%
Sucumbíos	Amazonía	Gonzalo pizarro	Relleno Sanitario	0,01	0,03	0,05	0,05	0,04	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,41	0,03%
Zamora chinchipe	Amazonía	Nangaritzza	Relleno Sanitario	0,00	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,44	0,03%
Zamora chinchipe	Amazonía	Palanda	Celda Emergente	0,01	0,03	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,48	0,04%
Manabí	Costa	Olmedo	Celda Emergente	0,00	0,02	0,04	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,48	0,04%
Bolívar	Sierra	Las naves		0,00	0,02	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,42	0,03%
Carchi	Sierra	San pedro de huaca	Relleno Sanitario	0,01	0,03	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,53	0,04%
Galapagos	Insular	San cristobal	Botadero	0,00	0,01	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,40	0,03%
Morona santiago	Amazonía	Palora	Relleno Sanitario	0,00	0,02	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,46	0,04%
Azuay	Sierra	Nabón	Relleno Sanitario	0,01	0,03	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,50	0,04%
Tungurahua	Sierra	Mocha	Celda Emergente	0,00	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,39	0,03%
Morona santiago	Amazonía	Logroño	Relleno Sanitario	0,00	0,02	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,41	0,03%
Cañar	Sierra	Suscal	Celda Emergente	0,00	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,38	0,03%
Loja	Sierra	Sozoranga	Celda	0,00	0,02	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,42	0,03%

			Emergente												
Morona santiago	Amazonía	Santiago	Relleno Sanitario	0,00	0,02	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,42	0,03%
Chimborazo	Sierra	Penipe	Relleno Sanitario	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,28	0,02%
Loja	Sierra	Pindal	Celda Emergente	0,00	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,40	0,03%
Morona santiago	Amazonía	Tiwintza	Relleno Sanitario	0,00	0,01	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,32	0,02%
Napo	Amazonía	Quijos	Relleno Sanitario	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,31	0,02%
El oro	Costa	Balsas	Relleno Sanitario	0,00	0,02	0,04	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,40	0,03%
Zamora chinchipe	Amazonía	Centinela del cóndor	Relleno Sanitario	0,00	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,33	0,03%
Cañar	Sierra	Déleg	Relleno Sanitario	0,00	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,33	0,03%
El oro	Costa	Atahualpa	Celda Emergente	0,00	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,33	0,03%
Loja	Sierra	Chaguarpamba	Botadero	0,00	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,37	0,03%
El oro	Costa	Las lajas	Celda Emergente	0,00	0,01	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,32	0,02%
El oro	Costa	Marcabelí	Relleno Sanitario	0,00	0,02	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,27	0,02%
Loja	Sierra	Olmedo	Relleno Sanitario	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,25	0,02%
Orellana	Amazonía	Aguarico	Celda Emergente	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,22	0,02%
Zamora chinchipe	Amazonía	Yacuambi	Relleno Sanitario	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,21	0,02%
Azuay	Sierra	Oña	Celda Emergente	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,20	0,02%
Zamora chinchipe	Amazonía	Paquisha	Relleno Sanitario	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,17	0,01%
Morona santiago	Amazonía	Pablo sexto	Relleno Sanitario	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,13	0,01%
Azuay	Sierra	San fernando	Relleno Sanitario	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,15	0,01%
Azuay	Sierra	El pan	Relleno Sanitario	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,14	0,01%

Pastaza	Amazonía	Santa clara	Relleno Sanitario	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,13	0,01%
Napo	Amazonía	Carlos julio arosemena tola	Relleno Sanitario	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,12	0,01%
El oro	Costa	Chilla	Relleno Sanitario	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,13	0,01%
Sucumbíos	Amazonía	Sucumbíos	Celda Emergente	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,12	0,01%
Galapagos	Insular	Isabela		0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,14	0,01%
Sucumbíos	Amazonía	Cuyabeno	Relleno Sanitario	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,17	0,01%
Loja	Sierra	Quilanga	Celda Emergente	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,11	0,01%
Morona santiago	Amazonía	San juan bosco	Relleno Sanitario	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,11	0,01%
Azuay	Sierra	Guachapala	Relleno Sanitario	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,12	0,01%
Total anual				11,00	54,11	100,09	124,47	138,04	151,33	163,24	171,53	182,09	192,25	1288,15	100,00%
Porcentaje anual				1%	4%	8%	10%	11%	12%	13%	13%	14%	15%	100%	

Elaborado por: Autor

Anexo 2. Generación de residuos sólidos en el periodo 2014-2023

Cantidad de residuos sólidos generado en el Ecuador entre los años 2014 - 2023

Provincia	Región	Cantón	Sitio de Disposición Final	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Total	Porcentaje
Guayas	Costa	Guayaquil	Guayaquil	553199,54	652485,71	659571,95	809336,65	1231165,90	1146143,11	1127597,31	1583201,09	1608367,25	1633406,31	11004474,82	23,73%
Pichincha	Sierra	Quito	Quito	748596,79	753268,04	813690,15	666324,54	850883,68	866760,68	881223,87	895626,86	916330,20	937205,62	8329910,44	17,96%
Santo Domingo de los Tsáchilas	Costa	Santo Domingo	Santo Domingo	127248,39	129709,09	107581,32	113495,59	129116,98	131422,37	145278,14	125934,21	128943,56	131973,81	1270703,46	2,74%
Azuay	Sierra	Cuenca	Cuenca	98395,08	102436,54	115084,02	103159,00	119466,38	112639,50	114659,28	116670,96	119507,80	122368,23	1124386,80	2,42%
El oro	Costa	Machala	Machala	60274,49	61020,65	99600,84	73050,51	101893,32	103003,20	91599,87	117777,14	119780,26	121780,72	949780,99	2,05%
Guayas	Costa	Duran	Duran	69289,33	71132,46	73001,66	63289,08	76804,73	78739,88	113660,64	116446,32	120096,71	123821,71	906282,52	1,95%
Tungurahua	Sierra	Ambato	Ambato	68791,80	63084,44	82489,81	64638,95	84486,33	86851,02	87841,68	88821,23	90416,82	92015,91	809438,00	1,75%
Manabí	Costa	Portoviejo	Portoviejo	84331,72	85228,74	83857,14	84665,52	56959,92	80434,62	81093,60	81720,83	82889,98	84039,04	805221,12	1,74%
Manabí	Costa	Manta	Manta	54342,87	55008,70	69341,46	69199,11	69944,04	70662,51	82772,81	83546,10	84877,14	86190,96	725885,71	1,57%
Los ríos	Costa	Quevedo	Quevedo	55672,70	56669,47	57662,50	58651,20	96905,95	98495,75	65435,65	66462,59	67957,33	69463,53	693376,67	1,50%
Loja	Sierra	Loja	Loja	49053,51	50092,16	65739,60	51235,87	65552,76	66823,82	59208,19	62313,87	63882,42	65463,09	599365,28	1,29%
Chimborazo	Sierra	Riobamba	Riobamba	49767,18	48578,81	54618,84	49720,91	55856,95	56453,76	57034,37	57599,21	58556,41	59510,16	547696,60	1,18%
Imbabura	Sierra	Ibarra	Ibarra	46365,00	47132,47	53141,03	48668,54	54839,49	55683,99	56525,68	57362,01	58599,54	59846,67	538164,43	1,16%
Esmeraldas	Costa	Esmeraldas	Esmeraldas	49016,40	49566,92	50093,92	50980,71	51851,97	52316,52	57481,46	57937,68	58778,84	59604,68	537629,10	1,16%
Guayas	Costa	Milagro	Milagro	53610,08	54407,02	55196,67	48376,44	56751,78	50415,82	51077,83	53188,62	54228,89	55271,52	532524,66	1,15%
Santa elena	Costa	Santa elena	Santa elena	37830,76	38757,66	39692,85	30477,25	36387,59	37223,83	61857,76	68102,04	70084,74	72102,96	492517,44	1,06%
Guayas	Costa	Daule	Daule	42515,36	43989,04	46596,46	44210,84	29292,12	30265,92	46894,68	54877,12	57042,01	59272,69	454956,24	0,98%
Los ríos	Costa	Babahoyo	Babahoyo	38925,90	39303,34	43940,36	44025,18	42228,49	42574,88	42908,79	43230,70	43846,39	44456,41	425440,45	0,92%
Cotopaxi	Sierra	Latacunga	Latacunga	23087,94	23444,37	29396,76	23791,61	30254,21	50394,90	51077,00	51747,93	52776,79	53808,19	389779,70	0,84%
Pichincha	Sierra	Rumiñahui	Quito	21015,49	31823,94	29290,53	22735,93	30833,81	48644,50	47789,26	46417,39	47883,89	49380,58	375815,32	0,81%
Esmeraldas	Costa	Quininde	Quininde	36734,25	37462,68	37982,79	31397,54	38977,60	32184,99	32560,19	32923,79	33508,70	34088,43	347820,97	0,75%
Sucumbios	Amazonía	Lago agrio	Lago agrio	27790,05	28468,30	31115,64	31840,29	30503,60	32024,33	27985,00	30338,58	31184,30	32038,62	303288,70	0,65%
Santa elena	Costa	La libertad	La libertad	24966,40	25404,21	25839,68	22636,05	26704,78	27132,77	33068,97	33576,66	34319,26	35067,48	288716,27	0,62%
Manabí	Costa	Chone	Chone	35688,06	30921,70	27094,81	24212,62	27488,31	27427,55	27353,22	27267,61	27359,45	27439,81	282253,13	0,61%
Pichincha	Sierra	Cayambe	Cayambe	21680,10	21927,61	27755,76	22586,12	28052,73	28560,87	29455,78	29968,50	30693,50	31425,78	272106,75	0,59%

Bolívar	Sierra	Guaranda	Guaranda	12393,37	19204,10	30666,56	22145,22	29873,47	30211,27	30540,65	30859,92	31389,24	31918,20	269202,00	0,58%
Manabí	Costa	El carmen	El carmen	22281,61	22718,19	20912,17	21681,43	27495,40	27979,51	28459,53	28934,18	29608,25	30284,90	260355,17	0,56%
Pichincha	Sierra	Mejia	Mejia	23861,03	24476,00	26158,62	25726,14	27474,36	24719,06	25311,08	25908,25	26696,14	27499,01	257829,67	0,56%
Guayas	Costa	Samborondon	Samborondon	10254,89	10663,88	15837,48	16458,12	30432,55	31603,62	26543,12	36727,95	38369,81	40072,11	256963,53	0,55%
Carchi	Sierra	Tulcan	Tulcan	23990,65	24303,13	26369,28	24914,74	27015,39	27333,18	23223,19	23481,06	23900,53	24321,97	248853,12	0,54%
Santa elena	Costa	Salinas	Salinas	19805,93	20396,62	22823,37	15501,80	24160,95	24844,59	28944,54	29393,88	30406,92	31444,96	247723,55	0,53%
Guayas	Costa	Naranjal	Naranjal	21651,03	22292,28	22945,41	20460,73	24282,72	24967,44	25664,04	26370,36	27276,82	28205,36	244116,18	0,53%
Imbabura	Sierra	Otavalo	Otavalo	18747,45	19022,85	26159,41	21310,53	21605,65	22792,10	23094,13	23393,21	23854,07	24317,26	224296,67	0,48%
Manabí	Costa	Jipijapa	Jipijapa	16396,43	16415,98	16426,96	15083,51	25580,57	25829,80	25797,31	25753,77	25878,01	25991,52	219153,86	0,47%
Orellana	Amazonía	Orellana	Orellana	18302,62	18766,66	24181,65	19506,67	21394,45	21843,28	22281,65	22708,14	23286,53	23861,78	216133,45	0,47%
Los ríos	Costa	Buena fe	Quevedo	16389,25	16809,28	17234,08	16821,65	21254,46	21767,28	23490,04	25580,87	26354,79	27143,46	212845,15	0,46%
El oro	Costa	Pasaje	Pasaje	16554,30	16802,39	21234,99	21840,71	18760,43	19013,63	19263,97	23030,18	23482,42	23935,92	203918,95	0,44%
Los ríos	Costa	Vinces	Vinces	19605,85	19809,97	20008,30	18470,02	20388,82	20570,76	20746,91	20917,51	21230,40	21541,28	203289,82	0,44%
Los ríos	Costa	Ventanas	Ventanas	16528,67	16672,44	22852,32	20651,16	23208,12	23375,37	23535,73	15792,59	16001,75	16208,41	194826,54	0,42%
El oro	Costa	Santa rosa	Santa rosa	20011,69	17506,92	19992,52	17113,90	18773,12	19002,20	19228,01	19450,31	19807,02	20163,98	191049,68	0,41%
Cañar	Sierra	Azogues	Azogues	15282,76	15535,86	17541,79	16037,42	19300,61	19590,91	19877,99	20476,87	20906,27	21337,13	185887,61	0,40%
Pastaza	Amazonía	Pastaza	Pastaza	15499,94	15941,23	16934,18	21190,89	15856,24	12727,81	18225,43	20874,90	21550,76	22237,02	181038,40	0,39%
Cañar	Sierra	La troncal	La troncal	15035,90	15506,24	15986,18	14066,12	16970,38	17474,65	18818,27	19932,70	20645,22	21375,44	175811,10	0,38%
Guayas	Costa	Empalme	Quevedo	19834,68	20052,79	17583,96	17764,92	15813,16	15965,16	16112,87	16257,01	16511,63	16765,02	172661,20	0,37%
Napo	Amazonía	Tena	Tena	17189,78	17597,90	21662,70	17352,97	13648,68	13950,36	14537,82	14846,63	15261,53	15679,84	161728,21	0,35%
Manabí	Costa	Montecristi	Montecristi	13168,53	13714,82	14609,87	12437,06	16167,28	15311,29	15909,07	16521,31	17269,10	18042,71	153151,01	0,33%
Cañar	Sierra	Cañar	Cañar	13820,44	13960,84	18398,32	14109,36	13385,00	13500,63	13611,91	16961,70	17208,37	17451,96	152408,53	0,33%
Manabí	Costa	Sucre	Sucre	14916,64	14554,90	17727,26	12907,81	15191,31	15242,23	15286,05	15323,26	15460,84	15592,65	152202,94	0,33%
Esmeraldas	Costa	San lorenzo	San lorenzo	11504,88	11937,39	13951,67	13542,86	14977,14	15505,21	16044,52	16593,55	17273,39	17972,56	149303,17	0,32%
Guayas	Costa	San jacinto de yaguachi	San jacinto de yaguachi	11173,79	11419,87	14778,71	14961,49	10814,26	16555,97	16892,06	16654,51	17099,95	17551,85	147902,46	0,32%
Guayas	Costa	Urbina jado	Playas	12327,28	12451,03	13714,49	11535,66	13967,21	14088,17	16572,78	16705,08	16950,93	17194,80	145507,42	0,31%
El oro	Costa	Huaquillas	Arenillas	17584,13	17918,50	16224,77	14456,23	16817,18	17112,10	10444,03	10620,29	10871,95	11126,26	143175,43	0,31%
Manabí	Costa	Pedernales	Pedernales	12727,86	12865,07	13878,57	12679,72	14144,84	14269,58	14388,42	14501,82	14711,59	14917,60	139085,05	0,30%
Los ríos	Costa	Valencia	Quevedo	10223,02	10450,93	11766,22	6749,36	11518,24	11757,60	17505,69	17856,85	18337,40	18824,46	134989,79	0,29%
El oro	Costa	El guabo	El guabo	11157,96	12263,13	14634,49	11790,64	12132,85	12366,88	12601,71	15170,69	15557,06	15948,33	133623,72	0,29%
Guayas	Costa	Playas	Playas	9053,50	9352,58	13256,96	9873,19	14123,09	14569,88	15026,26	15491,20	16076,96	16679,63	133503,26	0,29%
Chimborazo	Sierra	Guamote	Guamote	8299,75	2829,49	13114,18	11430,96	15300,81	15623,93	15948,42	16272,63	16714,13	17161,84	132696,14	0,29%

Esmeraldas	Costa	Atacames	Atacames	10658,69	11120,68	11412,35	9567,94	12949,68	13462,04	14983,65	15539,39	16007,43	16482,38	132184,23	0,29%
Imbabura	Sierra	Antonio ante	Antonio ante	10703,08	10905,56	11109,12	14929,63	17181,64	17486,63	10949,10	11136,79	11403,34	11672,88	127477,77	0,27%
Santo domingo de los tsáchilas	Costa	La concordia	La concordia	11179,58	11375,21	12457,62	11394,66	12860,32	13056,12	13247,89	13435,63	13715,44	13994,16	126716,62	0,27%
Orellana	Amazonía	La joya de los sachas	La joya de los sachas	12412,86	12455,63	13476,51	12427,70	12642,02	12631,13	13175,05	12433,45	12477,42	12512,07	126643,83	0,27%
Morona santiago	Amazonía	Morona	Morona	9908,02	10138,87	12326,69	11165,58	13085,82	11426,49	11749,45	14228,20	14710,62	15199,09	123938,83	0,27%
Cotopaxi	Sierra	Salcedo	Salcedo	15730,18	10137,60	12103,79	10813,02	12814,26	14367,89	14493,60	10717,50	10878,98	11039,30	123096,12	0,27%
Chimborazo	Sierra	Alausi	Alausi	12046,23	12023,63	11996,03	11308,41	11927,18	11886,18	11840,19	11790,26	11818,54	11842,91	118479,55	0,26%
Cotopaxi	Sierra	Pujili	Pujilí	10825,78	10943,71	11334,94	11170,51	11561,21	11669,55	11774,35	11875,45	12057,27	12237,77	115450,55	0,25%
Sucumbíos	Amazonía	Shushufindi	Shushufindi	9990,29	10237,19	12009,29	10634,04	11378,13	11634,43	11891,13	12147,43	12489,72	12835,80	115247,46	0,25%
Guayas	Costa	Naranjito	Naranjito	9687,90	9815,02	9187,19	9224,92	9413,37	9523,83	12158,55	13570,18	13811,54	14052,82	110445,32	0,24%
Azuay	Sierra	Gualaceo	Cuenca	10709,45	10818,20	10923,49	10164,40	11125,09	11220,94	10783,24	10868,22	11026,79	11183,47	108823,30	0,23%
Los ríos	Costa	Mocache	Quevedo	9979,17	10065,03	10147,77	9464,35	10304,06	10377,63	10447,82	10515,11	10653,33	10790,03	102744,30	0,22%
Manabí	Costa	Rocafuerte	Rocafuerte	9318,50	9387,96	10372,07	9513,94	10501,19	10558,92	10611,53	10659,88	10778,32	10893,28	102595,58	0,22%
Imbabura	Sierra	Cotacachi	Cotacachi	8326,35	8376,11	14039,89	6744,33	11666,19	11405,84	11457,42	9748,04	9854,76	9959,82	101578,74	0,22%
Loja	Sierra	Catamayo	Catamayo	7264,51	10418,08	11038,10	9408,15	10272,78	10381,25	10486,23	10587,70	10760,48	10931,32	101548,60	0,22%
Tungurahua	Sierra	San pedro de pelileo	San pedro de pelileo	10486,68	9042,77	10992,33	11132,99	10098,53	8558,65	8661,95	10468,20	10663,06	10858,57	100963,72	0,22%
Guayas	Costa	Balzar	Balzar	10848,80	10929,11	12275,77	10653,48	12436,75	12511,50	12582,29	5016,19	5076,73	5136,28	97466,92	0,21%
Esmeraldas	Costa	Eloy alfaró	Eloy alfaró	7460,81	7540,47	8568,57	8169,65	9697,32	10919,61	11005,71	11087,00	11241,85	11393,67	97084,66	0,21%
Chimborazo	Sierra	Colta	Guamote	7671,59	7637,64	10409,44	9122,47	10296,95	10235,26	16141,68	8497,28	8495,85	8491,67	96999,81	0,21%
Manabí	Costa	Bolívar m	Bolívar	8984,68	9053,22	9597,74	8453,78	10530,94	10590,37	9826,49	9873,14	9984,67	10092,89	96987,93	0,21%
Guayas	Costa	Santa lucia	Samborondon	4879,99	4933,79	7167,83	7241,69	7313,89	7384,27	14257,27	11932,96	12120,23	12306,34	89538,24	0,19%
Guayas	Costa	El triunfo	El triunfo	6288,91	6452,56	8759,50	8981,12	9205,33	9431,80	9661,03	9892,21	10196,36	10506,60	89375,42	0,19%
Manabí	Costa	Tosagua	Bolívar	9304,02	9362,98	7773,29	7213,71	7852,85	7887,30	8831,61	8862,10	8950,84	9036,36	85075,06	0,18%
Cotopaxi	Sierra	La mana	Quevedo	10341,97	10624,04	7396,70	5694,62	7790,98	7991,42	8194,32	8398,80	8665,68	8937,93	84036,46	0,18%
Manabí	Costa	Pichincha	Pichincha	8354,34	8303,04	8247,42	7642,91	8126,46	8060,85	7991,73	7919,91	7899,76	7876,21	80422,63	0,17%
Carchi	Sierra	Montufar	Montúfar	5450,39	6684,05	7572,40	6775,98	8280,36	8331,03	8379,26	8425,04	8527,64	8629,54	77055,69	0,17%
Azuay	Sierra	Camilo ponce enriquez	Camilo ponce enriquez	5433,32	6322,94	6632,80	6498,27	7288,74	7636,37	8522,98	8923,12	9404,08	9907,23	76569,85	0,17%
Manabí	Costa	Jaramijo	Manta	4757,55	4956,57	5424,21	6556,20	7578,14	7879,97	8190,43	9359,22	9786,18	10228,30	74716,78	0,16%
Guayas	Costa	Simon bolivar	Simon bolivar	4439,51	4530,38	4621,71	4384,22	9162,42	9109,44	9280,51	9451,30	9689,43	9930,44	74599,36	0,16%

Guayas	Costa	Pedro carbo	Pedro carbo	7058,82	7159,63	7259,26	6640,02	7455,28	7551,36	7645,98	7739,41	7886,18	8033,13	74429,07	0,16%
Chimborazo	Sierra	Guano	Guano	7325,84	7388,73	8295,74	7677,83	6875,14	6923,23	6968,88	6135,57	6214,81	6292,94	70098,70	0,15%
Bolívar	Sierra	San miguel	San miguel de bolivar	5609,61	5620,88	5733,49	5635,46	7831,62	7832,97	7831,08	7825,95	7872,85	7917,28	69711,18	0,15%
Zamora chinchipe	Amazonía	Zamora	Zamora	6288,19	6422,76	6338,12	6410,38	6592,44	6717,51	6368,74	7681,77	7868,48	8056,27	68744,66	0,15%
Los ríos	Costa	Pueblviejo	Ventanas	5693,36	5792,48	6646,31	6065,83	6866,80	6975,94	7084,44	7191,99	7350,17	7509,24	67176,54	0,14%
Manabí	Costa	Pajan	Paján	8535,84	8503,03	8465,75	7881,36	8380,27	8331,61	3738,97	3713,88	3713,07	3710,55	64974,33	0,14%
Pichincha	Sierra	Pedro moncayo	Pedro moncayo	7893,06	6269,40	7841,59	6563,27	5667,76	5793,89	5920,84	6048,48	6220,03	6394,25	64612,56	0,14%
Manabí	Costa	Santa ana	Santa ana	8672,71	8653,30	9862,27	8601,79	4722,17	4702,44	4680,37	4656,56	4663,02	4667,38	63882,01	0,14%
Tungurahua	Sierra	Santiago de pilaro	Santiago de pilaro	5952,67	6003,79	7264,86	5950,99	6151,97	6199,34	6245,42	6604,87	6697,09	6788,89	63859,90	0,14%
Loja	Sierra	Calvas	Calvas	5660,08	5663,33	6625,47	5715,21	6618,10	6610,29	6598,91	6585,29	6614,76	6641,60	63333,04	0,14%
Los ríos	Costa	Baba	Baba	6544,63	6580,24	6613,21	5562,43	6207,12	6231,60	6253,78	6274,08	6336,56	6397,56	63001,21	0,14%
Los ríos	Costa	Urdaneta	Urdaneta	6328,83	6375,20	6533,98	3750,08	4644,14	5839,20	5871,24	7200,03	7285,59	7369,77	61198,05	0,13%
Guayas	Costa	Alfredo baquerizo moreno (jujan)	Duran	3786,34	3344,72	3628,67	3485,84	8891,71	9069,41	6704,57	6834,02	7012,64	7193,43	59951,36	0,13%
El oro	Costa	Piñas	Piñas	4602,58	4860,95	4913,40	4225,39	5334,84	6679,26	7068,20	7132,32	7244,93	7357,34	59419,20	0,13%
Esmeraldas	Costa	Muisne	Muisne	5903,15	5935,42	5964,19	5102,30	6012,01	6031,26	6047,01	6060,23	6113,02	6163,50	59332,10	0,13%
Manabí	Costa	San vicente	San vicente	4616,22	4655,49	5648,53	5778,43	6083,56	6300,54	6338,62	6553,71	6633,46	6711,07	59319,63	0,13%
Guayas	Costa	Balao	Balao	6104,32	6239,13	6375,00	6778,99	6921,81	7064,90	4742,64	4837,68	4967,43	5098,94	59130,84	0,13%
Azuay	Sierra	Paute	Paute	5167,73	5137,68	5796,08	5335,20	6002,37	6156,41	6099,88	6145,61	6233,21	6319,61	58393,79	0,13%
Pichincha	Sierra	San miguel de los bancos	San miguel de los bancos	3904,79	4110,65	5385,47	4039,97	5957,31	6262,33	6581,19	6913,23	7310,57	7728,07	58193,58	0,13%
Azuay	Sierra	Sigsig	Cuenca	4300,18	4337,52	4373,39	4085,40	4441,14	7200,23	7248,94	7295,51	7391,08	7485,22	58158,60	0,13%
Napo	Amazonía	Archidona	Archidona	10492,74	4431,52	4543,56	5210,51	5337,75	5466,01	5357,02	5481,11	5644,93	5810,60	57775,75	0,12%
El oro	Costa	Arenillas	Arenillas	3253,93	3314,52	3375,00	3091,83	3495,42	3555,36	9037,71	9186,75	9400,60	9616,71	57327,84	0,12%
Esmeraldas	Costa	Rioverde	Rioverde	6353,21	6434,42	6512,83	5819,97	6661,44	6058,28	6118,74	4346,68	4416,65	4485,57	57207,80	0,12%
Manabí	Costa	Jama	Jama	6221,67	5181,71	4122,58	3183,49	6223,92	6263,00	6299,18	6332,71	6407,88	6481,11	56717,26	0,12%
Loja	Sierra	Saraguro	Saraguro	3913,23	3997,34	3666,62	3984,38	6694,93	6726,38	6754,81	6780,82	6851,42	6919,83	56289,77	0,12%
Manabí	Costa	Puerto lopez	Puerto lópez	5621,54	5710,47	5798,15	5031,54	5103,55	5174,28	5243,73	5311,27	5414,97	5518,35	53927,86	0,12%
Orellana	Amazonía	Loreto	Loreto	3632,59	3852,19	5769,45	5581,84	5903,84	5962,84	5397,55	5620,33	5701,47	5779,56	53201,64	0,11%

Galapagos	Galapagos	Santa cruz	Falso	4947,42	5074,06	5199,57	4642,14	5588,35	5717,38	4896,84	5005,86	5151,91	5300,97	51524,50	0,11%
Cotopaxi	Sierra	Pangua	Pangua	4473,44	4717,15	5096,96	4349,52	5165,78	5197,85	5227,59	5255,84	5319,58	5382,02	50185,73	0,11%
Cañar	Sierra	Biblian	Cañar	4657,42	4696,82	4983,98	4771,52	4553,43	4585,12	4615,25	5675,79	5748,54	5820,34	50108,21	0,11%
Pichincha	Sierra	Puerto quito	Puerto quito	5150,63	5235,45	5235,16	4759,84	5050,66	5126,25	4753,02	4820,94	4922,51	5024,50	50078,96	0,11%
Manabí	Costa	Junin	Bolívar	4525,11	4818,71	4516,20	4456,61	5768,88	5049,08	5013,65	4976,35	4971,48	4964,41	49060,50	0,11%
Tungurahua	Sierra	Baños de agua santa	Baños de agua santa	5243,00	5344,09	4524,27	3841,34	4695,34	4781,85	4868,36	4955,26	5077,84	5201,90	48533,26	0,10%
Guayas	Costa	Lomas de sargentillo	Lomas de sargentillo	3785,40	3878,82	4450,12	4394,02	4997,59	5114,02	5231,52	5349,67	5506,97	5667,30	48375,43	0,10%
Los ríos	Costa	Montalvo	Montalvo	3823,49	3877,49	4913,28	4381,50	5043,42	5106,96	5169,60	5231,16	5328,86	5426,76	48302,53	0,10%
Morona santiago	Amazonía	Taisha	Taisha	3172,03	3283,49	4499,83	4431,01	4802,05	5609,09	5108,29	5262,45	5455,11	5650,99	47274,34	0,10%
Cotopaxi	Sierra	Saquisilí	Pujilí	4230,41	4360,46	4545,08	4195,29	4705,61	4785,33	4864,74	4943,38	5056,71	5170,91	46857,93	0,10%
Guayas	Costa	Nobol	Nobol	4149,18	4262,82	4378,31	4142,69	4613,50	4733,39	4855,12	4977,95	5137,96	5301,46	46552,38	0,10%
Zamora chinchipe	Amazonía	Yantzaza	Yantzaza (yanzatta)	3740,34	3859,45	4234,50	4189,71	6473,00	6663,51	4094,00	4209,17	4355,70	4505,33	46324,71	0,10%
El oro	Costa	Zaruma	Zaruma	4588,74	4597,92	4605,12	4241,84	4614,84	4617,18	4617,72	4617,18	4647,51	4676,57	45824,62	0,10%
Chimborazo	Sierra	Cumanda	Duran	3148,08	3244,75	3458,59	3562,06	3667,03	4402,69	6470,28	5455,59	5647,47	5843,86	44900,40	0,10%
Loja	Sierra	Macara	Macará	3841,95	3850,53	3857,02	4299,40	4740,84	4743,18	4742,95	4741,07	4770,02	4797,24	44384,21	0,10%
Guayas	Costa	Palestina	Vinces	2950,85	2981,30	2818,73	3621,95	3981,79	4017,36	5446,74	5491,61	5573,75	5655,57	42539,63	0,09%
Tungurahua	Sierra	Quero	Quero	3946,90	3959,54	4118,49	3687,30	4140,46	4150,14	4529,69	4612,20	4651,68	4690,13	42486,53	0,09%
Morona santiago	Amazonía	Sucua	Sucúa	2495,04	2553,13	2293,98	1495,10	5362,34	5469,75	5488,82	5589,73	5728,16	5865,92	42341,99	0,09%
Loja	Sierra	Paltas	Paltas	4027,29	4029,88	4004,21	3977,22	4206,26	4174,15	4140,28	4105,18	4097,15	4087,37	40848,98	0,09%
Manabí	Costa	24 de mayo	Santa ana	5651,88	5623,07	6646,37	5766,95	2812,48	2792,65	2771,56	2749,50	2745,35	2740,12	40299,93	0,09%
Los ríos	Costa	Quinsaloma	Quevedo	3178,31	3237,41	3845,72	3494,88	3982,41	4050,55	4118,28	4185,62	4282,72	4380,57	38756,48	0,08%
Azuay	Sierra	Santa isabel	Santa isabel	5599,99	2463,18	3507,49	3241,97	3861,94	3891,14	3919,03	3945,80	3999,06	4051,73	38481,34	0,08%
Guayas	Costa	Colimes	Colimes	3714,65	3742,10	3768,38	3608,56	3817,82	3840,85	3862,54	3883,21	3930,01	3976,08	38144,20	0,08%
Carchi	Sierra	Bolivar	Bolívar	3298,32	3255,03	3874,50	3469,50	3895,92	3904,99	3913,06	3919,61	3952,63	3984,90	37468,45	0,08%
Sucumbíos	Amazonía	Cascales	Cascales	3247,08	3455,97	3471,89	3145,47	3704,64	3823,87	3945,09	4068,05	4221,84	4379,86	37463,75	0,08%
Pastaza	Amazonía	Mera	Mera	1784,29	1851,19	4223,42	4548,67	5184,43	3722,22	3853,32	3921,70	4084,22	4251,24	37424,70	0,08%
Bolívar	Sierra	Chillanes	Chillanes	3650,92	3622,19	3654,84	3247,92	3589,06	3983,38	3942,90	3901,48	3886,14	3869,68	37348,52	0,08%
Manabí	Costa	Flavio alfaró	Flavio alfaró	3737,97	3704,61	3759,13	3633,17	3683,23	3643,16	3601,89	3559,40	3540,46	3520,17	36383,21	0,08%
Bolívar	Sierra	Caluma	Ventanas	3403,47	3468,44	3477,52	3315,56	3030,86	3082,95	3844,39	3907,10	3997,13	4087,99	35615,40	0,08%

Loja	Sierra	Puyango	Macará	2973,59	2794,00	3949,36	3388,98	3927,33	3568,52	3554,46	3539,06	3546,98	3553,24	34795,51	0,08%
Los ríos	Costa	Palenque	Palenque	4820,15	4829,59	6279,85	3908,49	2381,20	2382,31	2382,71	2382,21	2397,66	2412,51	34176,67	0,07%
Sucumbíos	Amazonía	Putumayo	Putumayo	1433,09	2153,46	3228,27	2349,53	3518,38	3669,97	3826,79	3988,12	4183,04	4385,55	32736,20	0,07%
Pichincha	Sierra	Pedro vicente maldonado	Pedro vicente maldonado	3469,75	5475,24	2582,37	2416,63	2711,70	2777,28	3152,60	3226,77	3324,42	3424,21	32560,96	0,07%
Carchi	Sierra	Espejo	Espejo	2818,77	2815,55	3363,29	2855,97	3349,79	3391,70	3382,40	3471,05	3483,67	3495,28	32427,48	0,07%
Imbabura	Sierra	San miguel de urcuquí	San miguel de urcuquí	2911,85	2933,45	3015,91	3005,74	3181,42	3201,25	3220,34	3238,52	3278,75	3318,28	31305,52	0,07%
El oro	Costa	Portovelo	Portovelo	2343,30	2366,76	3170,00	2485,75	3327,35	3355,82	3383,55	3410,33	3460,43	3510,09	30813,38	0,07%
Chimborazo	Sierra	Chambo	Riobamba	2352,28	2371,56	2577,76	1935,92	2615,18	2680,27	4093,67	3778,73	3826,10	3873,10	30104,58	0,06%
Bolívar	Sierra	Echeandia	Ventanas	2434,35	2461,71	2585,72	2193,46	2837,10	3064,74	3092,19	3629,78	3685,04	3740,13	29724,20	0,06%
Guayas	Costa	Coronel marcelino maridueña	Nobol	2491,43	2503,68	2328,84	2338,74	2817,50	2827,44	3309,26	3555,90	3590,04	3623,38	29386,21	0,06%
Imbabura	Sierra	Pimampiro	Ibarra	1990,39	2616,24	4060,63	2121,61	3029,37	3019,84	3009,41	2998,30	3007,18	3015,12	28868,07	0,06%
Chimborazo	Sierra	Chunchi	Chunchi	2102,63	2119,45	2768,63	2079,72	2745,27	2731,89	2901,91	3664,51	3668,12	3671,02	28453,14	0,06%
Cotopaxi	Sierra	Sigchos	Sigchos	2998,94	3422,11	4096,01	2301,55	2931,52	2513,81	2513,92	2513,05	2528,90	2544,09	28363,89	0,06%
Guayas	Costa	General antonio elizalde (bucay)	Duran	2479,71	2524,39	2569,28	2613,97	2750,11	3261,89	2936,42	2983,29	3051,37	3119,81	28290,25	0,06%
Loja	Sierra	Espindola	Espíndola	2441,18	2957,92	3250,74	2929,47	3187,71	3154,77	2301,86	2276,10	2265,28	2253,54	27018,57	0,06%
Loja	Sierra	Celica	Macará	3199,07	3730,56	3982,86	3778,79	2764,11	2778,97	2792,45	1285,65	1299,84	1313,67	26925,97	0,06%
Chimborazo	Sierra	Pallatanga	Guamote	2412,04	2417,58	2642,33	2646,22	2649,24	3092,80	2651,83	2651,62	2669,09	2685,80	26518,54	0,06%
Tungurahua	Sierra	Patate	San pedro de pelileo	2494,85	2525,82	2338,87	3082,67	2394,91	2422,47	2449,71	2476,65	2520,79	2564,97	25271,70	0,05%
Cañar	Sierra	El tambo	Cañar	2122,30	2168,14	2218,69	2269,23	2062,37	2107,81	2422,61	3115,57	3202,95	3291,40	24981,08	0,05%
Loja	Sierra	Zapotillo	Zapotillo	1891,33	1912,81	2280,97	2104,40	2682,46	2708,22	2733,21	2757,06	2799,42	2841,26	24711,13	0,05%
Tungurahua	Sierra	Tisaleo	Tisaleo	1435,21	1453,90	1914,35	1938,50	2667,00	2699,44	3092,47	2763,36	2814,40	2865,45	23644,08	0,05%
Morona santiago	Amazonía	Gualaquiza	Gualaquiza	2696,69	2721,74	2744,64	2558,24	2088,50	2101,14	2111,94	2121,44	2144,23	2165,70	23454,28	0,05%
Loja	Sierra	Gonzanama	Gonzanama	2596,01	2588,52	2922,67	2483,38	2060,28	2016,00	2208,12	2158,73	2124,31	2089,50	23247,53	0,05%
Zamora chinchipe	Amazonía	El pangui	El pangui	1939,41	1978,42	2384,23	2429,39	2474,08	2518,07	2285,32	2322,90	2376,59	2430,49	23138,89	0,05%
Guayas	Costa	Isidro ayora (soledad)	Isidro ayora	1845,89	1895,33	2182,77	2483,19	2297,37	2150,82	2414,78	2474,40	2552,42	2632,08	22929,04	0,05%

Azuay	Sierra	Giron	Santa isabel	1993,87	1517,76	1184,13	1087,50	2736,74	2729,85	2722,13	2713,36	2722,68	2731,15	22139,16	0,05%
Azuay	Sierra	Chordeleg	Cuenca	1856,54	1375,38	2946,67	2622,24	3031,42	3073,08	1748,28	1770,97	1805,87	1840,71	22071,15	0,05%
Napo	Amazonía	El chaco	El chaco	1713,00	2377,38	2157,93	2477,95	2106,86	2148,77	2190,67	2232,36	2289,75	2347,39	22042,07	0,05%
Galapagos	Galapagos	San cristobal	Falso	1375,87	1408,27	2272,28	2207,66	2304,66	2353,09	2401,28	2449,72	2516,15	2583,63	21872,60	0,05%
Bolívar	Sierra	Chimbo	Chimbo	2010,81	2021,98	2155,36	2350,91	2236,51	2244,80	2314,75	2070,45	2090,20	2109,53	21605,29	0,05%
Tungurahua	Sierra	Cevallos	Cevallos	1660,29	1687,47	1882,94	1742,18	2151,20	2184,46	2217,72	2250,97	2299,99	2349,36	20426,59	0,04%
Morona santiago	Amazonía	Limon indanza	Limón indanza	1489,25	1641,82	2465,58	1663,36	2466,29	2463,67	2049,10	2043,76	2051,08	2057,01	20390,91	0,04%
Carchi	Sierra	Mira	Mira	1800,58	1788,91	2220,84	1764,00	2188,62	2171,88	2025,15	2008,40	2004,91	2001,10	19974,40	0,04%
Morona santiago	Amazonía	Logroño	Logroño	1813,15	1860,48	1907,54	1799,78	1947,65	1992,14	2036,10	2079,25	2136,46	2194,10	19766,65	0,04%
Morona santiago	Amazonía	Huamboya	Huamboya	1643,00	1475,18	2231,55	1579,08	1882,76	1944,16	1961,31	2021,98	2097,54	2174,55	19011,11	0,04%
Zamora chinchipe	Amazonía	Chinchipe	Chinchipe	1664,78	1684,15	1702,86	1477,46	1737,48	1753,37	1768,44	2325,02	2358,70	2391,86	18864,12	0,04%
Pastaza	Amazonía	Arajuno	Arajuno	1572,70	1870,85	1389,12	1831,42	1638,87	2013,23	2048,26	2082,78	2131,62	2180,53	18759,36	0,04%
Morona santiago	Amazonía	Palora	Palora	1890,50	1903,36	1832,64	1704,58	1850,25	1856,76	1861,82	1865,68	1880,93	1895,32	18541,83	0,04%
Azuay	Sierra	Pucara	Pasaje	1810,21	1811,92	1641,03	1488,66	1755,53	1754,53	1752,71	1902,60	1912,84	1922,21	17752,23	0,04%
Manabí	Costa	Olmedo m	Santa ana	1610,79	1591,81	2219,40	1939,52	1585,77	1582,37	1578,03	1792,58	1798,55	1803,81	17502,62	0,04%
El oro	Costa	Balsas	Marcabeli	1968,07	2020,73	2074,14	2128,04	1423,33	1459,30	1495,75	1532,52	1580,61	1629,78	17312,27	0,04%
Carchi	Sierra	San pedro de huaca	Tulcan	1925,68	1948,72	1386,07	1868,83	2204,24	1495,73	1511,13	1526,35	1551,86	1577,65	16996,27	0,04%
Zamora chinchipe	Amazonía	Nangaritzza	Nangaritzza	1417,32	1189,98	1609,69	1596,55	1659,27	1723,33	1788,72	1855,46	1937,23	2021,63	16799,18	0,04%
Loja	Sierra	Pindal	Pindal	1524,76	1549,63	1574,34	1453,39	2138,95	2170,27	1517,76	1538,64	1569,86	1601,14	16638,73	0,04%
Azuay	Sierra	Sevilla de oro	Cuenca	557,37	564,11	713,23	1995,39	2041,50	2062,67	2083,54	2103,80	2138,32	2172,91	16432,82	0,04%
Zamora chinchipe	Amazonía	Centinela del condor	Centinela del cóndor	1516,63	1549,05	1525,79	1556,48	1586,57	1616,67	1645,97	1675,08	1715,72	1756,44	16144,41	0,03%
Azuay	Sierra	Nabon	Santa isabel	2073,82	1715,31	1660,56	1666,49	1486,17	1490,40	1494,03	1497,23	1510,32	1523,08	16117,41	0,03%
Sucumbíos	Amazonía	Gonzalo pizarro	Gonzalo pizarro	2024,14	2049,19	1002,14	786,19	882,99	1213,11	1981,39	1999,80	2031,34	2062,43	16032,71	0,03%
Zamora chinchipe	Amazonía	Yacuambi	Yacuambi	1528,72	1553,29	1577,16	1477,44	1498,18	1518,48	1538,14	1556,93	1586,53	1615,82	15450,68	0,03%
Zamora	Amazonía	Palanda	Palanda	1613,88	1644,40	1435,34	1321,49	1485,54	1509,88	1533,77	1557,06	1590,95	1624,93	15317,25	0,03%

chinchipe															
Tungurahua	Sierra	Mocha	Mocha	1552,18	1558,22	1042,70	784,94	1680,08	1711,71	1716,62	1721,07	1737,12	1753,08	15257,73	0,03%
Bolívar	Sierra	Las naves (las naves, cab cantonal)	Ventanas	1392,90	1415,67	1412,81	1331,93	1455,75	1476,72	1497,48	1707,58	1742,14	1777,10	15210,09	0,03%
Morona santiago	Amazonía	Tiwintza	Santiago	1241,57	1296,43	1352,59	1304,29	1468,80	1528,70	1589,90	1652,11	1727,63	1805,28	14967,31	0,03%
Loja	Sierra	Sozoranga	Sozoranga	1419,54	1406,25	1553,05	1378,17	1520,90	1504,20	1538,14	1519,78	1511,49	1502,58	14854,08	0,03%
Napo	Amazonía	Quijos	Quijos	645,89	1275,50	1548,75	1313,56	1588,86	1620,43	1626,85	1682,02	1699,22	1715,58	14716,66	0,03%
Morona santiago	Amazonía	Santiago	Santiago	1262,80	1280,67	1526,54	1294,52	1329,14	1343,58	1357,05	1369,53	1390,83	1411,61	13566,29	0,03%
Cañar	Sierra	Suscal	Cañar	1219,60	1246,79	1273,98	1213,34	1058,68	1080,68	1266,71	1507,31	1547,55	1588,29	13002,94	0,03%
Cañar	Sierra	Deleg	Cuenca	1304,42	1311,95	1319,08	1217,15	1186,64	1191,58	1196,34	1347,39	1361,21	1374,55	12810,32	0,03%
El oro	Costa	Marcabeli	Marcabeli	1345,38	1358,76	1371,69	1384,16	997,43	1005,86	1013,96	1021,90	1036,88	1051,53	11587,54	0,02%
El oro	Costa	Atahualpa	Atahualpa	1125,72	1132,20	1115,38	1075,27	1126,14	1130,90	1158,48	1162,62	1174,56	1186,44	11387,70	0,02%
Loja	Sierra	Chaguarpamba	Chaguarpamba	1294,02	1277,82	1109,75	1094,86	1079,65	1064,29	1048,61	1032,61	1023,73	1014,35	11039,69	0,02%
El oro	Costa	Las lajas	Las lajas	740,80	1046,92	1171,64	1034,79	1167,19	1164,62	1125,61	1122,21	1126,18	1129,92	10829,89	0,02%
Chimborazo	Sierra	Penipe	Riobamba	886,03	429,99	429,50	353,10	1031,87	1029,51	1101,67	1422,65	1427,44	1431,82	9543,59	0,02%
Orellana	Amazonía	Aguarico	Aguarico	770,17	746,15	857,53	734,47	1137,82	1097,87	914,51	880,49	853,41	826,42	8818,84	0,02%
Zamora chinchipe	Amazonía	Paquisha	Paquisha	493,19	513,86	811,96	845,06	878,96	913,65	949,13	985,41	1029,63	1075,39	8496,23	0,02%
Sucumbíos	Amazonía	Cuyabeno	Cuyabeno	1005,89	1002,61	1471,88	929,11	599,06	725,36	721,12	614,22	614,34	614,09	8297,67	0,02%
Loja	Sierra	Olmedo	Olmedo	755,88	741,47	726,90	615,19	1110,06	1086,88	1063,44	728,36	717,11	705,85	8251,14	0,02%
Sucumbíos	Amazonía	Sucumbios	Sucumbíos	669,59	675,46	787,79	753,38	799,26	804,57	658,54	841,51	851,82	861,79	7703,72	0,02%
Azuay	Sierra	Oña	Oña	674,44	681,35	688,09	694,66	701,05	633,60	757,90	763,96	775,41	786,61	7157,06	0,02%
Galapagos	Galapagos	Isabela	Falso	658,73	677,88	696,78	665,03	735,34	754,74	774,40	567,54	586,01	604,90	6721,34	0,01%
Napo	Amazonía	Carlos julio arosemena tola	Carlos julio arosemena tola	482,92	491,00	499,08	507,04	577,42	602,06	610,95	619,70	632,72	645,75	5668,64	0,01%
Azuay	Sierra	San fernando	Santa isabel	637,60	376,74	512,00	496,47	570,87	599,76	598,46	597,02	599,46	601,76	5590,14	0,01%
Morona santiago	Amazonía	Pablo vi	Huamboya	397,43	415,25	433,59	433,83	471,52	491,10	417,17	791,82	828,59	866,37	5546,65	0,01%
Morona santiago	Amazonía	San juan bosco	San juan bosco	400,32	556,06	650,75	493,39	520,02	546,95	556,33	565,48	578,31	590,96	5458,58	0,01%

Pastaza	Amazonía	Santa clara	Santa clara	504,40	510,24	516,20	478,41	527,34	532,66	537,84	542,76	551,26	559,72	5260,83	0,01%
Azuay	Sierra	El pan	Cuenca	409,15	498,80	497,38	428,05	493,89	491,83	445,10	442,94	443,72	444,35	4595,22	0,01%
Loja	Sierra	Quilanga	Quilanga	385,85	379,64	470,66	373,25	508,58	503,59	498,60	493,38	491,45	489,35	4594,36	0,01%
Azuay	Sierra	Guachapala	Cuenca	531,22	629,42	634,50	408,24	301,51	303,65	333,42	335,58	339,93	344,15	4161,62	0,01%
El oro	Costa	Chilla	Pasaje	445,59	315,38	437,47	433,06	428,65	424,24	419,66	415,07	413,18	411,24	4143,54	0,01%
Total anual				3650212,56	3779942,44	4100761,58	3844188,97	4781718,263	4792911,682	4878083,466	5405279,407	5514187,042	5623653,451	46370938,86	100,00%
Porcentaje Anual				8%	8%	9%	8%	10%	10%	11%	12%	12%	12%	100%	

Elaborado por: Autor

Anexo 3. Proyección de emisiones de metano CH₄ en el periodo 2024 - 2058

Proyección de emisiones de metano CH ₄ en el periodo 2024-2058							
Provincia	Región	Cantón	Sitio de disposición final	2024-2043	2044 - 2058	Total metano (kton)	Porcentaje
GUAYAS	Costa	GUAYAQUIL	Relleno Sanitario	1435,01	190,86	1625,87	28,77%
PICHINCHA	Sierra	QUITO	Relleno Sanitario	816,59	115,55	932,14	16,50%
GUAYAS	Costa	DURÁN	Relleno Sanitario	153,09	23,36	176,46	3,12%
AZUAY	Sierra	CUENCA	Relleno Sanitario	127,40	18,21	145,61	2,58%
SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS	Costa	SANTO DOMINGO	Relleno Sanitario	117,84	16,75	134,59	2,38%
EL ORO	Costa	MACHALA	Relleno Sanitario	108,43	14,56	122,99	2,18%
TUNGURAHUA	Sierra	AMBATO	Relleno Sanitario	91,78	12,37	104,15	1,84%
MANABÍ	Costa	MANTA	Relleno Sanitario	74,14	9,83	83,97	1,49%
MANABÍ	Costa	PORTOVIEJO	Celda Emergente	66,36	8,65	75,02	1,33%
ESMERALDAS	Costa	ESMERALDAS	Botadero	59,62	7,81	67,43	1,19%
LOJA	Sierra	LOJA	Relleno Sanitario	56,29	8,11	64,40	1,14%
SANTA ELENA	Costa	SANTA ELENA	Botadero	54,73	8,21	62,93	1,11%
COTOPAXI	Sierra	LATACUNGA	Celda Emergente	50,39	6,94	57,33	1,01%
CHIMBORAZO	Sierra	RIOBAMBA	Celda Emergente	49,38	6,58	55,96	0,99%
IMBABURA	Sierra	IBARRA	Relleno Sanitario	49,21	6,86	56,07	0,99%
LOS RÍOS	Costa	QUEVEDO	Celda Emergente	49,02	6,88	55,90	0,99%
GUAYAS	Costa	DAULE	Celda Emergente	47,80	7,82	55,63	0,98%
PICHINCHA	Sierra	RUMIÑAHUI	Relleno Sanitario	44,02	6,73	50,74	0,90%
LOS RÍOS	Costa	BABAHOYO		39,02	5,08	44,11	0,78%
GUAYAS	Costa	MILAGRO	Relleno Sanitario	37,27	5,10	42,37	0,75%
GUAYAS	Costa	SAMBORONDÓN	Relleno Sanitario	36,46	6,24	42,71	0,76%
BOLÍVAR	Sierra	GUARANDA	Celda Emergente	30,98	4,16	35,15	0,62%
ESMERALDAS	Costa	QUININDÉ	Relleno Sanitario	30,05	4,05	34,10	0,60%
SANTA ELENA	Costa	SALINAS	Botadero	29,60	4,64	34,24	0,61%
SUCUMBÍOS	Amazonía	LAGO AGRIO	Relleno Sanitario	28,87	4,26	33,13	0,59%
GUAYAS	Costa	NARANJAL	Relleno Sanitario	27,53	4,30	31,83	0,56%
LOS RÍOS	Costa	BUENA FE	Celda Emergente	27,15	4,10	31,25	0,55%

CAÑAR	Sierra	LA TRONCAL	Celda Emergente	26,54	4,20	30,74	0,54%
CARCHI	Sierra	TULCÁN	Relleno Sanitario	25,49	3,43	28,92	0,51%
SANTA ELENA	Costa	LA LIBERTAD	Botadero	24,82	3,49	28,30	0,50%
MANABÍ	Costa	CHONE	Botadero	23,25	2,73	25,97	0,46%
PICHINCHA	Sierra	MEJÍA	Relleno Sanitario	22,97	3,47	26,44	0,47%
MANABÍ	Costa	EL CARMEN	Relleno Sanitario	22,85	3,24	26,09	0,46%
PASTAZA	Amazonía	PASTAZA	Relleno Sanitario	21,62	3,32	24,94	0,44%
PICHINCHA	Sierra	CAYAMBE	Relleno Sanitario	21,24	3,04	24,27	0,43%
EL ORO	Costa	PASAJE	Relleno Sanitario	20,67	2,84	23,50	0,42%
ORELLANA	Amazonía	FRANCISCO DE ORELLANA	Botadero	20,35	2,97	23,32	0,41%
CHIMBORAZO	Sierra	GUAMOTE	Relleno Sanitario	19,99	2,94	22,92	0,41%
IMBABURA	Sierra	OTAVALO	Relleno Sanitario	19,83	2,72	22,55	0,40%
GUAYAS	Costa	NARANJITO	Botadero	19,71	2,66	22,38	0,40%
EL ORO	Costa	SANTA ROSA	Relleno Sanitario	19,61	2,66	22,27	0,39%
MANABÍ	Costa	MONTECRISTI	Celda Emergente	19,02	3,26	22,28	0,39%
CAÑAR	Sierra	AZOGUES	Relleno Sanitario	18,85	2,62	21,47	0,38%
ESMERALDAS	Costa	SAN LORENZO	Celda Emergente	18,80	3,12	21,91	0,39%
GUAYAS	Costa	SAN JACINTO DE YAGUACHI	Celda Emergente	16,93	2,48	19,41	0,34%
MANABÍ	Costa	JIPIJAPA	Relleno Sanitario	16,67	1,99	18,66	0,33%
ESMERALDAS	Costa	ATACAMES	Relleno Sanitario	16,52	2,50	19,02	0,34%
LOS RÍOS	Costa	VALENCIA	Celda Emergente	15,92	2,34	18,26	0,32%
LOS RÍOS	Costa	VINCES	Celda Emergente	15,81	2,07	17,89	0,32%
LOS RÍOS	Costa	VENTANAS	Celda Emergente	15,79	2,02	17,81	0,32%
CAÑAR	Sierra	CAÑAR	Celda Emergente	14,97	1,96	16,92	0,30%
GUAYAS	Costa	EL EMPALME	Celda Emergente	14,73	1,94	16,67	0,30%
NAPO	Amazonía	TENA	Celda Emergente	14,18	2,09	16,27	0,29%
GUAYAS	Costa	PLAYAS	Botadero	13,65	2,20	15,85	0,28%
EL ORO	Costa	EL GUABO	Botadero	13,60	1,97	15,57	0,28%
AZUAY	Sierra	CAMILO PONCE ENRÍQUEZ	Celda Emergente	13,54	2,49	16,03	0,28%
SUCUMBÍOS	Amazonía	SHUSHUFINDI	Relleno Sanitario	13,40	1,99	15,38	0,27%
EL ORO	Costa	ARENILLAS	Celda Emergente	12,58	1,79	14,37	0,25%
IMBABURA	Sierra	ANTONIO ANTE	Relleno Sanitario	12,43	1,76	14,20	0,25%
MANABÍ	Costa	PEDERNALES	Botadero	12,14	1,59	13,73	0,24%

SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS	Costa	LA CONCORDIA	Celda Emergente	12,06	1,69	13,75	0,24%
MANABÍ	Costa	SUCRE	Botadero	11,60	1,44	13,04	0,23%
GUAYAS	Costa	SALITRE (URBINA JADO)	Botadero	11,40	1,49	12,89	0,23%
MORONA SANTIAGO	Amazonía	MORONA	Relleno Sanitario	11,32	1,77	13,09	0,23%
AZUAY	Sierra	GUALACEO	Relleno Sanitario	10,93	1,43	12,36	0,22%
ESMERALDAS	Costa	ELOY ALFARO	Botadero	10,52	1,37	11,89	0,21%
PICHINCHA	Sierra	SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	Celda Emergente	10,20	1,93	12,13	0,21%
CHIMBORAZO	Sierra	ALAUÍS	Relleno Sanitario	9,86	1,15	11,00	0,19%
GUAYAS	Costa	SANTA LUCÍA	Celda Emergente	9,62	1,27	10,90	0,19%
MANABÍ	Costa	JARAMIJÓ	Relleno Sanitario	9,55	1,65	11,20	0,20%
TUNGURAHUA	Sierra	SAN PEDRO DE PELILEO	Relleno Sanitario	9,30	1,26	10,57	0,19%
ORELLANA	Amazonía	LA JOYA DE LOS SACHAS	Relleno Sanitario	9,12	1,08	10,20	0,18%
GUAYAS	Costa	EL TRIUNFO	Botadero	8,82	1,34	10,15	0,18%
LOS RÍOS	Costa	MOCACHE	Celda Emergente	8,72	1,12	9,85	0,17%
MANABÍ	Costa	ROCAFUERTE	Botadero	8,65	1,09	9,75	0,17%
COTOPAXI	Sierra	LA MANÁ	Celda Emergente	8,64	1,32	9,96	0,18%
GUAYAS	Costa	SIMÓN BOLÍVAR	Botadero	8,61	1,24	9,86	0,17%
LOJA	Sierra	CATAMAYO	Relleno Sanitario	8,37	1,11	9,49	0,17%
EL ORO	Costa	HUAQUILLAS	Botadero	8,12	1,15	9,27	0,16%
IMBABURA	Sierra	COTACACHI	Relleno Sanitario	7,94	1,00	8,94	0,16%
GUAYAS	Costa	PEDRO CARBO	Relleno Sanitario	7,92	1,08	9,00	0,16%
CARCHI	Sierra	MONTÚFAR	Relleno Sanitario	7,86	1,01	8,87	0,16%
MANABÍ	Costa	BOLÍVAR	Celda Emergente	7,85	0,99	8,84	0,16%
COTOPAXI	Sierra	PUJILÍ	Celda Emergente	7,79	1,02	8,81	0,16%
COTOPAXI	Sierra	SALCEDO	Relleno Sanitario	7,67	1,00	8,67	0,15%
EL ORO	Costa	PIÑAS	Botadero	7,33	0,97	8,31	0,15%
GUAYAS	Costa	NOBOL	Botadero	7,29	1,12	8,40	0,15%
CHIMBORAZO	Sierra	GUANO	Celda Emergente	7,14	0,92	8,06	0,14%
ZAMORA CHINCHIPE	Amazonía	ZAMORA	Relleno Sanitario	7,02	1,01	8,02	0,14%

MANABÍ	Costa	TOSAGUA	Celda Emergente	7,00	0,88	7,88	0,14%
CHIMBORAZO	Sierra	CUMANDÁ	Relleno Sanitario	6,88	1,09	7,97	0,14%
BOLÍVAR	Sierra	SAN MIGUEL	Celda Emergente	6,65	0,80	7,45	0,13%
LOS RÍOS	Costa	URDANETA	Botadero	6,36	0,81	7,18	0,13%
AZUAY	Sierra	SÍGSIG	Relleno Sanitario	6,29	0,81	7,11	0,13%
PICHINCHA	Sierra	PEDRO MONCAYO	Relleno Sanitario	6,23	0,92	7,16	0,13%
CHIMBORAZO	Sierra	COLTA	Relleno Sanitario	6,10	0,69	6,79	0,12%
MANABÍ	Costa	PICHINCHA	Botadero	5,70	0,63	6,33	0,11%
LOS RÍOS	Costa	PUEBLOVIEJO	Celda Emergente	5,65	0,79	6,45	0,11%
LOJA	Sierra	CALVAS	Relleno Sanitario	5,63	0,67	6,30	0,11%
AZUAY	Sierra	PAUTE	Relleno Sanitario	5,56	0,72	6,29	0,11%
COTOPAXI	Sierra	PANGUA	Relleno Sanitario	5,43	0,69	6,12	0,11%
GUAYAS	Costa	LOMAS DE SARGENTILLO	Botadero	5,39	0,81	6,20	0,11%
MANABÍ	Costa	JAMA	Relleno Sanitario	5,38	0,69	6,07	0,11%
NAPO	Amazonía	ARCHIDONA	Celda Emergente	5,27	0,79	6,06	0,11%
GUAYAS	Costa	ALFREDO BAQUERIZO MORENO (JUJÁN)	Relleno Sanitario	5,17	0,75	5,92	0,10%
PICHINCHA	Sierra	PUERTO QUITO	Relleno Sanitario	5,03	0,70	5,73	0,10%
MORONA SANTIAGO	Amazonía	TAISHA	Botadero	4,99	0,80	5,78	0,10%
TUNGURAHUA	Sierra	SANTIAGO DE PÍLLARO	Relleno Sanitario	4,87	0,63	5,50	0,10%
LOJA	Sierra	SARAGURO	Celda Emergente	4,85	0,61	5,46	0,10%
ORELLANA	Amazonía	LORETO	Botadero	4,75	0,63	5,38	0,10%
SUCUMBÍOS	Amazonía	PUTUMAYO	Celda Emergente	4,72	0,84	5,56	0,10%
CAÑAR	Sierra	BIBLIÁN	Relleno Sanitario	4,71	0,61	5,32	0,09%
GUAYAS	Costa	PALESTINA	Celda Emergente	4,68	0,62	5,30	0,09%
SUCUMBÍOS	Amazonía	CASCALES	Relleno Sanitario	4,63	0,75	5,37	0,10%
LOS RÍOS	Costa	BABA	Botadero	4,53	0,57	5,09	0,09%
GUAYAS	Costa	BALAO	Relleno Sanitario	4,52	0,66	5,18	0,09%
TUNGURAHUA	Sierra	BAÑOS DE AGUA SANTA	Relleno Sanitario	4,46	0,64	5,10	0,09%
MANABÍ	Costa	PUERTO LÓPEZ	Botadero	4,38	0,60	4,97	0,09%
ESMERALDAS	Costa	MUISNE	Botadero	4,29	0,53	4,82	0,09%
BOLÍVAR	Sierra	CALUMA	Botadero	4,27	0,61	4,88	0,09%

ESMERALDAS	Costa	RIOVERDE		4,21	0,55	4,76	0,08%
MORONA SANTIAGO	Amazonía	SUCÚA	Celda Emergente	4,12	0,60	4,71	0,08%
EL ORO	Costa	ZARUMA	Celda Emergente	3,98	0,48	4,47	0,08%
PASTAZA	Amazonía	MERA	Relleno Sanitario	3,89	0,65	4,54	0,08%
GUAYAS	Costa	BALZAR	Botadero	3,87	0,48	4,35	0,08%
COTOPAXI	Sierra	SAQUISILÍ	Celda Emergente	3,81	0,54	4,35	0,08%
AZUAY	Sierra	SANTA ISABEL	Relleno Sanitario	3,74	0,48	4,23	0,07%
CARCHI	Sierra	BOLÍVAR	Relleno Sanitario	3,71	0,46	4,17	0,07%
LOS RÍOS	Costa	MONTALVO	Botadero	3,70	0,50	4,20	0,07%
ZAMORA CHINCHIPE	Amazonía	YANTZAZA	Relleno Sanitario	3,69	0,58	4,27	0,08%
LOS RÍOS	Costa	QUINSALOMA	Celda Emergente	3,67	0,52	4,19	0,07%
MANABÍ	Costa	SAN VICENTE	Botadero	3,56	0,46	4,01	0,07%
TUNGURAHUA	Sierra	QUERO	Celda Emergente	3,56	0,44	4,00	0,07%
MANABÍ	Costa	SANTA ANA	Celda Emergente	3,44	0,39	3,84	0,07%
LOJA	Sierra	MACARÁ	Celda Emergente	3,44	0,41	3,85	0,07%
MANABÍ	Costa	JUNÍN	Celda Emergente	3,41	0,38	3,79	0,07%
BOLÍVAR	Sierra	ECHEANDÍA	Celda Emergente	3,39	0,45	3,84	0,07%
CHIMBORAZO	Sierra	CHAMBO	Celda Emergente	3,38	0,43	3,81	0,07%
LOJA	Sierra	PALTAS	Relleno Sanitario	3,36	0,37	3,74	0,07%
CARCHI	Sierra	ESPEJO	Relleno Sanitario	3,32	0,39	3,72	0,07%
BOLÍVAR	Sierra	CHILLANES	Botadero	3,31	0,36	3,67	0,07%
LOJA	Sierra	PUYANGO	Celda Emergente	3,25	0,38	3,62	0,06%
PICHINCHA	Sierra	PEDRO VICENTE MALDONADO	Relleno Sanitario	3,24	0,49	3,73	0,07%
GUAYAS	Costa	ISIDRO AYORA	Botadero	3,17	0,48	3,65	0,06%
CAÑAR	Sierra	EL TAMBO	Celda Emergente	3,14	0,47	3,60	0,06%
GUAYAS	Costa	CORONEL MARCELINO MARIDUEÑA	Relleno Sanitario	3,01	0,38	3,39	0,06%
CHIMBORAZO	Sierra	CHUNCHI	Relleno Sanitario	2,93	0,34	3,26	0,06%
EL ORO	Costa	PORTOVELO	Botadero	2,76	0,36	3,13	0,06%
MANABÍ	Costa	PAJÁN	Relleno Sanitario	2,71	0,30	3,01	0,05%

GUAYAS	Costa	GENERAL ANTONIO ELIZALDE	Relleno Sanitario	2,69	0,38	3,07	0,05%
TUNGURAHUA	Sierra	TISALEO	Celda Emergente	2,62	0,35	2,97	0,05%
IMBABURA	Sierra	SAN MIGUEL DE URCUQUÍ	Relleno Sanitario	2,60	0,94	3,54	0,06%
GUAYAS	Costa	COLIMES	Botadero	2,51	0,32	2,84	0,05%
IMBABURA	Sierra	PIMAMPIRO	Relleno Sanitario	2,43	0,28	2,71	0,05%
LOS RÍOS	Costa	PALENQUE	Celda Emergente	2,30	0,28	2,57	0,05%
TUNGURAHUA	Sierra	PATATE	Relleno Sanitario	2,26	0,30	2,56	0,05%
AZUAY	Sierra	GIRÓN	Relleno Sanitario	2,21	0,26	2,48	0,04%
PASTAZA	Amazonía	ARAJUNO	Relleno Sanitario	2,21	0,31	2,53	0,04%
ZAMORA CHINCHIPE	Amazonía	EL PANGUI	Botadero	2,17	0,31	2,47	0,04%
MORONA SANTIAGO	Amazonía	HUAMBOYA	Relleno Sanitario	2,10	0,34	2,44	0,04%
TUNGURAHUA	Sierra	CEVALLOS	Botadero	2,10	0,29	2,39	0,04%
AZUAY	Sierra	SEVILLA DE ORO	Relleno Sanitario	2,10	0,28	2,38	0,04%
MANABÍ	Costa	FLAVIO ALFARO	Celda Emergente	2,08	0,22	2,31	0,04%
CHIMBORAZO	Sierra	PALLATANGA	Relleno Sanitario	2,08	0,25	2,33	0,04%
ZAMORA CHINCHIPE	Amazonía	NANGARITZA	Relleno Sanitario	2,05	0,35	2,40	0,04%
COTOPAXI	Sierra	SIGCHOS	Relleno Sanitario	2,04	0,25	2,29	0,04%
LOJA	Sierra	ZAPOTILLO	Botadero	1,93	0,25	2,18	0,04%
MANABÍ	Costa	24 DE MAYO	Celda Emergente	1,91	0,21	2,12	0,04%
NAPO	Amazonía	EL CHACO	Relleno Sanitario	1,88	0,27	2,16	0,04%
ZAMORA CHINCHIPE	Amazonía	CHINCHIPE	Relleno Sanitario	1,83	0,24	2,08	0,04%
GALAPAGOS	Insular	SANTA CRUZ	Relleno Sanitario	1,67	0,22	1,89	0,03%
SUCUMBÍOS	Amazonía	GONZALO PIZARRO	Relleno Sanitario	1,64	0,22	1,85	0,03%
MORONA SANTIAGO	Amazonía	GUALAQUIZA	Relleno Sanitario	1,64	0,21	1,84	0,03%
BOLÍVAR	Sierra	CHIMBO	Celda Emergente	1,60	0,20	1,80	0,03%
GALAPAGOS	Insular	SAN CRISTOBAL	Botadero	1,59	0,23	1,83	0,03%
ZAMORA	Amazonía	PALANDA	Celda Emergente	1,57	0,22	1,79	0,03%

CHINCHIPE							
LOJA	Sierra	ESPÍNDOLA	Celda Emergente	1,57	0,17	1,74	0,03%
AZUAY	Sierra	CHORDELEG	Relleno Sanitario	1,56	0,21	1,77	0,03%
CARCHI	Sierra	MIRA	Relleno Sanitario	1,54	0,17	1,72	0,03%
BOLÍVAR	Sierra	LAS NAVES		1,54	0,21	1,76	0,03%
CAÑAR	Sierra	SUSCAL	Celda Emergente	1,53	0,22	1,75	0,03%
MORONA SANTIAGO	Amazonía	TIWINTZA	Relleno Sanitario	1,52	0,26	1,79	0,03%
MORONA SANTIAGO	Amazonía	LOGROÑO	Relleno Sanitario	1,49	0,22	1,71	0,03%
AZUAY	Sierra	PUCARÁ	Relleno Sanitario	1,48	0,18	1,65	0,03%
MORONA SANTIAGO	Amazonía	LIMÓN INDANZA	Relleno Sanitario	1,45	0,17	1,62	0,03%
CARCHI	Sierra	SAN PEDRO DE HUACA	Relleno Sanitario	1,42	0,19	1,61	0,03%
LOJA	Sierra	GONZANAMÁ	Relleno Sanitario	1,38	0,13	1,52	0,03%
MANABÍ	Costa	OLMEDO	Celda Emergente	1,30	0,15	1,45	0,03%
MORONA SANTIAGO	Amazonía	SANTIAGO	Relleno Sanitario	1,28	0,17	1,45	0,03%
MORONA SANTIAGO	Amazonía	PALORA	Relleno Sanitario	1,27	0,16	1,43	0,03%
AZUAY	Sierra	NABÓN	Relleno Sanitario	1,27	0,16	1,42	0,03%
TUNGURAHUA	Sierra	MOCHA	Celda Emergente	1,26	0,16	1,42	0,03%
EL ORO	Costa	BALSAS	Relleno Sanitario	1,23	0,19	1,42	0,03%
LOJA	Sierra	CELICA	Relleno Sanitario	1,23	0,15	1,38	0,02%
CHIMBORAZO	Sierra	PENIPE	Relleno Sanitario	1,21	0,14	1,35	0,02%
LOJA	Sierra	PINDAL	Celda Emergente	1,15	0,16	1,30	0,02%
ZAMORA CHINCHIPE	Amazonía	CENTINELA DEL CÓNDOR	Relleno Sanitario	1,13	0,16	1,29	0,02%
LOJA	Sierra	SOZORANGA	Celda Emergente	1,04	0,11	1,15	0,02%
NAPO	Amazonía	QUIJOS	Relleno Sanitario	1,03	0,13	1,16	0,02%
CAÑAR	Sierra	DÉLEG	Relleno Sanitario	0,99	0,12	1,11	0,02%
EL ORO	Costa	ATAHUALPA	Celda Emergente	0,96	0,12	1,08	0,02%
EL ORO	Costa	LAS LAJAS	Celda Emergente	0,88	0,10	0,98	0,02%

ZAMORA CHINCHIPE	Amazonía	PAQUISHA	Relleno Sanitario	0,87	0,15	1,02	0,02%
MORONA SANTIAGO	Amazonía	PABLO SEXTO	Relleno Sanitario	0,85	0,15	1,00	0,02%
LOJA	Sierra	CHAGUARPAMBA	Botadero	0,78	0,08	0,86	0,02%
EL ORO	Costa	MARCABELÍ	Relleno Sanitario	0,70	0,09	0,79	0,01%
ZAMORA CHINCHIPE	Amazonía	YACUAMBI	Relleno Sanitario	0,67	0,09	0,76	0,01%
AZUAY	Sierra	OÑA	Celda Emergente	0,63	0,08	0,72	0,01%
LOJA	Sierra	OLMEDO	Relleno Sanitario	0,46	0,04	0,51	0,01%
AZUAY	Sierra	SAN FERNANDO	Relleno Sanitario	0,44	0,05	0,49	0,01%
GALAPAGOS	Insular	ISABELA		0,42	0,06	0,48	0,01%
NAPO	Amazonía	CARLOS JULIO AROSEMENA TOLA	Relleno Sanitario	0,41	0,06	0,47	0,01%
ORELLANA	Amazonía	AGUARICO	Celda Emergente	0,40	0,03	0,44	0,01%
PASTAZA	Amazonía	SANTA CLARA	Relleno Sanitario	0,39	0,05	0,45	0,01%
MORONA SANTIAGO	Amazonía	SAN JUAN BOSCO	Relleno Sanitario	0,38	0,05	0,43	0,01%
SUCUMBÍOS	Amazonía	SUCUMBÍOS	Celda Emergente	0,38	0,05	0,43	0,01%
AZUAY	Sierra	EL PAN	Relleno Sanitario	0,35	0,04	0,39	0,01%
EL ORO	Costa	CHILLA	Relleno Sanitario	0,31	0,03	0,35	0,01%
SUCUMBÍOS	Amazonía	CUYABENO	Relleno Sanitario	0,30	0,03	0,33	0,01%
LOJA	Sierra	QUILANGA	Celda Emergente	0,29	0,03	0,32	0,01%
AZUAY	Sierra	GUACHAPALA	Relleno Sanitario	0,28	0,04	0,32	0,01%
					Total	5650,61	100%

Elaborado por: Autor

Anexo 4. Densidad Poblacional con Relación a la Generación de Metano en el Año 2022

Densidad Poblacional con Relación a la Generación de Metano en el Año 2022

Provincia	Región	Cantón	Sitio de disposición final	Metano (Kton)	Residuos Sólidos (Ton)	Población (hab)	Área (km ²)	Densidad Poblacional (hab/km ²)
Guayas	Costa	Guayaquil	Relleno Sanitario	49,416996	1608367,25	2772894	4490,69289	617,475759
Pichincha	Sierra	Quito	Relleno Sanitario	30,614625	916330,203	2872350	4200,91495	683,743906
Guayas	Costa	Durán	Relleno Sanitario	4,856946	120096,713	331283	341,870996	969,029265
Azuay	Sierra	Cuenca	Relleno Sanitario	4,754191	119507,799	659317	3195,18785	206,346866
Santo domingo de los tsáchilas	Costa	Santo domingo	Relleno Sanitario	4,728923	128943,561	474249	3455,29523	137,252816
El oro	Costa	Machala	Relleno Sanitario	3,927621	119780,262	295009	372,329343	792,333468
Tungurahua	Sierra	Ambato	Relleno Sanitario	3,644234	90416,8237	395892	1022,31749	387,249564
Manabí	Costa	Manta	Relleno Sanitario	2,938364	84877,1411	269116	290,08613	927,710675
Manabí	Costa	Portoviejo	Celda Emergente	2,731451	82889,9805	326642	956,629115	341,451033
Esmeraldas	Costa	Esmeraldas	Botadero	2,435607	58778,8369	222109	1346,12397	164,998919
Loja	Sierra	Loja	Relleno Sanitario	2,095896	63882,4189	284222	1891,24764	150,282805
Los ríos	Costa	Quevedo	Celda Emergente	2,06354	67957,3285	220539	378,810041	582,188897
Chimborazo	Sierra	Riobamba	Celda Emergente	2,001169	58556,4055	269210	998,779047	269,539095
Imbabura	Sierra	Ibarra	Relleno Sanitario	1,883475	58599,5418	227669	1139,06841	199,872983
Santa elena	Costa	Santa elena	Botadero	1,674819	70084,7445	197272	3595,4032	54,867838
Los ríos	Costa	Babahoyo		1,631912	43846,388	177866	1070,93534	166,084723
Cotopaxi	Sierra	Latacunga	Celda Emergente	1,526453	52776,7854	210990	1495,50427	141,082847
Pichincha	Sierra	Rumiñahui	Relleno Sanitario	1,502339	47883,8892	121180	135,444077	894,686595
Guayas	Costa	Milagro	Relleno Sanitario	1,456342	54228,8883	204916	399,03718	513,526082
Guayas	Costa	Daule	Celda Emergente	1,296215	57042,0145	185116	511,24394	362,089378
Bolívar	Sierra	Guaranda	Celda Emergente	1,238911	31389,2437	111008	1860,17839	59,675997
Esmeraldas	Costa	Quinindé	Relleno Sanitario	1,227266	33508,7024	149085	3620,80938	41,174496
Manabí	Costa	Chone	Botadero	1,101133	27359,4497	130121	3061,89604	42,496871
Carchi	Sierra	Tulcán	Relleno Sanitario	1,064624	23900,534	104649	1814,6742	57,668203
Sucumbíos	Amazonía	Lago agrio	Relleno Sanitario	1,035124	31184,3039	124668	3151,26771	39,561222
Santa elena	Costa	Salinas	Botadero	0,946138	30406,916	99853	67,782516	1473,13801
Guayas	Costa	Samborondón	Relleno Sanitario	0,941377	38369,8128	110252	343,91001	320,583864
Santa elena	Costa	La libertad	Botadero	0,904958	34319,2609	121370	25,275173	4801,94542

Guayas	Costa	Naranjal	Relleno Sanitario	0,904951	27276,8205	100323	1701,5562	58,959557
Los ríos	Costa	Buena fe	Celda Emergente	0,892188	26354,7944	87589	581,233277	150,695088
Manabí	Costa	El carmen	Relleno Sanitario	0,855948	29608,2518	115033	1740,75313	66,082317
Los ríos	Costa	Ventanas	Celda Emergente	0,851862	16001,7488	76104	512,757114	148,421149
Cañar	Sierra	La troncal	Celda Emergente	0,836043	20645,224	81356	367,47478	221,392064
Pichincha	Sierra	Mejía	Relleno Sanitario	0,803165	26696,1359	113293	1411,10573	80,286684
Pichincha	Sierra	Cayambe	Relleno Sanitario	0,783709	30693,4953	111404	1201,27026	92,738499
El oro	Costa	Santa rosa	Relleno Sanitario	0,779734	19807,0234	84057	895,92308	93,82167
Imbabura	Sierra	Otavalo	Relleno Sanitario	0,775183	23854,0734	129021	531,205289	242,8835
Manabí	Costa	Jipijapa	Relleno Sanitario	0,767152	25878,0117	74358	1475,62782	50,390755
Orellana	Amazonía	Francisco de orellana	Botadero	0,74524	23286,5302	97326	7082,56225	13,741637
El oro	Costa	Pasaje	Relleno Sanitario	0,742231	23482,4215	89966	456,137642	197,234325
Cañar	Sierra	Azogues	Relleno Sanitario	0,719313	20906,2746	88722	954,013798	92,998655
Guayas	Costa	Naranjito	Botadero	0,712109	13811,5407	44822	230,744468	194,24951
Chimborazo	Sierra	Guamote	Relleno Sanitario	0,711083	16714,1296	60665	1193,95667	50,810052
Pastaza	Amazonía	Pastaza	Relleno Sanitario	0,66205	21550,7591	88727	19943,9338	4,448821
Los ríos	Costa	Vinces	Celda Emergente	0,653986	21230,4038	83662	711,339779	117,611868
Guayas	Costa	El empalme	Celda Emergente	0,60882	16511,6259	87590	649,115273	134,937512
Guayas	Costa	San jacinto de yaguachi	Celda Emergente	0,607735	17099,9451	81327	530,508678	153,300037
Esmeraldas	Costa	San lorenzo	Celda Emergente	0,571392	17273,3892	67110	3098,55803	21,658462
Cañar	Sierra	Cañar	Celda Emergente	0,557376	17208,3749	69807	1953,56369	35,733158
Esmeraldas	Costa	Atacames	Relleno Sanitario	0,554546	16007,4331	58100	510,432541	113,825031
Manabí	Costa	Montecristi	Celda Emergente	0,552828	17269,097	116186	705,034061	164,794875
Imbabura	Sierra	Antonio ante	Relleno Sanitario	0,529402	11403,3421	56171	79,921975	702,82297
Los ríos	Costa	Valencia	Celda Emergente	0,526733	18337,4035	56835	969,811675	58,604161
Manabí	Costa	Sucre	Botadero	0,514976	15460,84	62718	692,984598	90,504176
Napo	Amazonía	Tena	Celda Emergente	0,50893	15261,5337	82546	3908,21916	21,121129
Manabí	Costa	Pedernales	Botadero	0,505981	14711,5873	64415	1969,46707	32,706817
Sucumbíos	Amazonía	Shushufindi	Relleno Sanitario	0,476281	12489,7239	60443	2506,1408	24,117959
Chimborazo	Sierra	Alausí	Relleno Sanitario	0,470982	11818,5399	44659	1288,62032	34,656446
Santo domingo de los tsáchilas	Costa	La concordia	Celda Emergente	0,461545	13715,4367	54048	324,328498	166,645856
Azuay	Sierra	Gualaceo	Relleno Sanitario	0,459707	11026,7853	49864	346,141193	144,056821

Guayas	Costa	Salitre (urbina jado)	Botadero	0,455521	16950,9277	66798	393,268013	169,853631
El oro	Costa	El guabo	Botadero	0,454737	15557,0564	66021	579,963043	113,836564
Orellana	Amazonía	La joya de los sachas	Relleno Sanitario	0,440351	12477,4164	39112	1201,64839	32,548623
Esmeraldas	Costa	Eloy alfaro	Botadero	0,435046	11241,8467	46284	4480,14198	10,330923
Guayas	Costa	Playas	Botadero	0,428315	16076,9645	63354	269,993493	234,6501
El oro	Costa	Arenillas	Celda Emergente	0,403138	9400,59675	34575	787,305458	43,915611
Chimborazo	Sierra	Colta	Relleno Sanitario	0,398548	8495,85196	44218	819,570062	53,952678
Guayas	Costa	Santa lucía	Celda Emergente	0,385759	12120,229	45799	364,958819	125,490871
Cotopaxi	Sierra	Salcedo	Relleno Sanitario	0,377615	10878,9787	68203	468,508508	145,574731
Imbabura	Sierra	Cotacachi	Relleno Sanitario	0,377032	9854,75818	44564	1864,92056	23,895924
Manabí	Costa	Rocafuerte	Botadero	0,374787	10778,3178	37635	278,504736	135,132352
Los ríos	Costa	Mocache	Celda Emergente	0,36847	10653,3281	43861	565,604051	77,547181
El oro	Costa	Huaquillas	Botadero	0,351058	10871,9458	62479	98,659196	633,281056
Morona santiago	Amazonía	Morona	Relleno Sanitario	0,348871	14710,6193	61483	4367,92169	14,076031
Azuay	Sierra	Camilo ponce enríquez	Celda Emergente	0,346158	9404,07694	39909	214,158326	186,352783
Manabí	Costa	Bolívar	Celda Emergente	0,345052	9984,67085	45904	523,574291	87,674282
Tungurahua	Sierra	San pedro de pelileo	Relleno Sanitario	0,342059	10663,0618	68404	199,603781	342,69892
Loja	Sierra	Catamayo	Relleno Sanitario	0,341624	10760,4818	36645	651,843198	56,217508
Carchi	Sierra	Montúfar	Relleno Sanitario	0,334059	8527,64497	34593	380,588005	90,893563
Chimborazo	Sierra	Guano	Celda Emergente	0,32385	6214,80724	48981	465,229439	105,283535
Cotopaxi	Sierra	Pujilí	Celda Emergente	0,321165	12057,2738	81121	1329,24069	61,028075
Guayas	Costa	Pedro carbo	Relleno Sanitario	0,312592	7886,18033	53058	940,556801	56,411266
Guayas	Costa	Simón bolívar	Botadero	0,312324	9689,43456	33410	290,470434	115,020312
Guayas	Costa	Balzar	Botadero	0,305039	5076,73371	60887	1176,32679	51,760276
Guayas	Costa	El triunfo	Botadero	0,30292	10196,3644	62503	560,321082	111,548542
Bolívar	Sierra	San miguel	Celda Emergente	0,302147	7872,84684	28956	586,020481	49,411242
Manabí	Costa	Tosagua	Celda Emergente	0,299966	8950,83631	42570	381,298712	111,644752
Cotopaxi	Sierra	La maná	Celda Emergente	0,293173	8665,67808	59760	660,691776	90,450649
El oro	Costa	Piñas	Botadero	0,290669	7244,92595	30746	614,479482	50,035845
Manabí	Costa	Pichincha	Botadero	0,288501	7899,76395	29055	1074,57486	27,0386
Loja	Sierra	Calvas	Relleno Sanitario	0,262619	6614,75743	29430	851,002333	34,582749
Manabí	Costa	Jaramijó	Relleno Sanitario	0,259958	9786,1839	30676	96,537177	317,76359
Azuay	Sierra	Sígsig	Relleno Sanitario	0,256388	7391,07951	30891	677,099845	45,622518

Pichincha	Sierra	San miguel de los bancos	Celda Emergente	0,251368	7310,5747	33059	855,458621	38,644768
Guayas	Costa	Nobol	Botadero	0,246233	5137,95971	27790	134,678441	206,343345
Zamora chinchipe	Amazonía	Zamora	Relleno Sanitario	0,241951	7868,4821	33914	1901,01829	17,839912
Los ríos	Costa	Urdaneta	Botadero	0,240758	7285,58619	32946	384,805548	85,617269
Azuay	Sierra	Paute	Relleno Sanitario	0,232424	6233,20513	29645	267,87508	110,667256
Cotopaxi	Sierra	Pangua	Relleno Sanitario	0,231759	5319,5786	24871	719,56908	34,563742
Chimborazo	Sierra	Cumandá	Relleno Sanitario	0,230319	5647,46707	18998	159,468275	119,133414
Manabí	Costa	Jama	Relleno Sanitario	0,228772	6407,88177	26382	568,095211	46,439399
Pichincha	Sierra	Pedro moncayo	Relleno Sanitario	0,222396	6220,03116	45152	334,8126	134,857529
Esmeraldas	Costa	Rioverde		0,215236	4416,64641	32061	1513,29452	21,186226
Los ríos	Costa	Puebloviejo	Celda Emergente	0,215234	7350,1655	46080	334,249711	137,861002
Loja	Sierra	Saraguro	Celda Emergente	0,209447	6851,42499	33749	1084,87617	31,108619
Guayas	Costa	Alfredo baquerizo moreno (juján)	Relleno Sanitario	0,200325	7012,64488	33352	228,403925	146,022009
Orellana	Amazonía	Loreto	Botadero	0,199165	5701,46805	24964	2150,60919	11,607874
Pichincha	Sierra	Puerto quito	Relleno Sanitario	0,198683	4922,51407	25620	695,712139	36,825576
Los ríos	Costa	Baba	Botadero	0,198425	6336,55958	43698	515,366287	84,79018
Tungurahua	Sierra	Santiago de pillaro	Relleno Sanitario	0,198376	6697,08572	43985	470,012647	93,582588
Esmeraldas	Costa	Muisne	Botadero	0,190567	6113,0225	31227	1266,4808	24,656513
Guayas	Costa	Lomas de sargentillo	Botadero	0,187824	5506,96882	25318	71,832599	352,458358
Napo	Amazonía	Archidona	Celda Emergente	0,186464	5644,9258	34603	3057,15555	11,318691
Guayas	Costa	Balao	Relleno Sanitario	0,183145	4967,4303	27405	438,888647	62,441807
El oro	Costa	Zaruma	Celda Emergente	0,181358	4647,5064	25640	651,862612	39,333442
Guayas	Costa	Palestina	Celda Emergente	0,181146	5573,745	18750	186,426138	100,576026
Cañar	Sierra	Biblián	Relleno Sanitario	0,179682	5748,53764	24026	182,162888	131,892947
Manabí	Costa	Paján	Relleno Sanitario	0,173117	3713,07485	36580	1099,76181	33,261748
Manabí	Costa	Puerto lópez	Botadero	0,172611	5414,97212	25317	429,320984	58,969864
Manabí	Costa	Santa ana	Celda Emergente	0,17151	4663,02226	47640	1019,09116	46,747535
Manabí	Costa	Junín	Celda Emergente	0,170501	4971,48327	18532	266,963199	69,417808
Loja	Sierra	Paltas	Relleno Sanitario	0,168945	4097,14666	23065	1156,16469	19,94958
Bolívar	Sierra	Chillanes	Botadero	0,167731	3886,1419	16492	670,185272	24,608121
Carchi	Sierra	Bolívar	Relleno Sanitario	0,165034	3952,62806	15576	359,704922	43,30216
Tungurahua	Sierra	Baños de agua santa	Relleno Sanitario	0,164602	5077,83939	25939	1068,4491	24,277244
Morona santiago	Amazonía	Taisha	Botadero	0,163396	5455,11396	28392	6135,30387	4,627644

Azuay	Sierra	Santa isabel	Relleno Sanitario	0,15742	3999,05963	21214	826,929926	25,653927
Loja	Sierra	Macará	Celda Emergente	0,157253	4770,02003	20243	573,024148	35,326609
Loja	Sierra	Puyango	Celda Emergente	0,156521	3546,97543	15781	636,988896	24,774372
Bolívar	Sierra	Caluma	Botadero	0,154162	3997,12739	16963	175,547633	96,629044
Tungurahua	Sierra	Quero	Celda Emergente	0,153721	4651,68263	20696	169,179685	122,331473
Carchi	Sierra	Espejo	Relleno Sanitario	0,153241	3483,67219	13728	567,579869	24,186904
Morona santiago	Amazonía	Sucúa	Celda Emergente	0,150456	5728,16402	24689	1196,35509	20,63685
Manabí	Costa	San vicente	Botadero	0,149475	6633,45621	25066	736,794182	34,020356
Sucumbíos	Amazonía	Cascales	Relleno Sanitario	0,146232	4221,84267	16878	1262,03004	13,373691
Los ríos	Costa	Montalvo	Botadero	0,146064	5328,86274	29399	355,240125	82,758106
Cotopaxi	Sierra	Saquisilí	Celda Emergente	0,14373	5056,7081	32439	156,40531	207,403444
Zamora chinchipe	Amazonía	Yantzaza	Relleno Sanitario	0,138476	4355,69955	27942	1013,70018	27,564363
Los ríos	Costa	Quinsaloma	Celda Emergente	0,13773	4282,72428	21096	288,879137	73,02708
Chimborazo	Sierra	Chambo	Celda Emergente	0,137368	3826,10133	13531	166,186431	81,420607
Sucumbíos	Amazonía	Putumayo	Celda Emergente	0,129558	4183,03853	17483	3551,1347	4,923215
Bolívar	Sierra	Echeandía	Celda Emergente	0,127185	3685,04118	14317	244,931149	58,453161
Pastaza	Amazonía	Mera	Relleno Sanitario	0,123087	4084,22282	18777	531,454264	35,331356
Guayas	Costa	Coronel Marcelino maridueña	Relleno Sanitario	0,122864	3590,03556	13204	254,132417	51,957165
Chimborazo	Sierra	Chunchi	Relleno Sanitario	0,122203	3668,12237	12648	272,52031	46,41122
Imbabura	Sierra	Pimampiro	Relleno Sanitario	0,114695	3007,17953	13167	439,834181	29,936282
El oro	Costa	Portovelo	Botadero	0,113978	3460,43104	14247	284,140471	50,140693
Pichincha	Sierra	Pedro vicente maldonado	Relleno Sanitario	0,109909	3324,42078	17981	618,603781	29,067071
Manabí	Costa	Flavio alfaro	Celda Emergente	0,108862	3540,46458	23253	1346,54307	17,268664
Imbabura	Sierra	San miguel de urcuquí	Relleno Sanitario	0,107922	3278,75414	17734	736,374561	24,082853
Guayas	Costa	Colimes	Botadero	0,107669	3930,01044	26441	757,345931	34,912712
Tungurahua	Sierra	Tisaleo	Celda Emergente	0,107632	2814,40227	14648	59,640114	245,606505
Los ríos	Costa	Palenque	Celda Emergente	0,10762	2397,66378	23621	569,222744	41,496936
Guayas	Costa	Isidro ayora	Botadero	0,106795	2552,41632	15306	491,843955	31,119626
Guayas	Costa	General antonio elizalde	Relleno Sanitario	0,103346	3051,37434	13576	141,466319	95,966305
Azuay	Sierra	Girón	Relleno Sanitario	0,102948	2722,67746	12949	342,513122	37,805851
Manabí	Costa	24 de mayo	Celda Emergente	0,098729	2745,34946	28048	546,176042	51,353406
Chimborazo	Sierra	Pallatanga	Relleno Sanitario	0,096988	2669,08975	12271	380,103965	32,283273
Cañar	Sierra	El tambo	Celda Emergente	0,096507	3202,95121	12993	63,104683	205,895972

Cotopaxi	Sierra	Sigchos	Relleno Sanitario	0,094679	2528,90327	23253	1357,79476	17,125563
Tungurahua	Sierra	Patate	Relleno Sanitario	0,091101	2520,7937	16171	292,607973	55,26507
Loja	Sierra	Celica	Relleno Sanitario	0,089732	1299,83721	16298	521,598159	31,246276
Loja	Sierra	Espíndola	Celda Emergente	0,088294	2265,27872	13886	516,234677	26,898619
Azuay	Sierra	Sevilla de oro	Relleno Sanitario	0,084864	2138,31697	7022	315,352404	22,267152
Zamora chinchipe	Amazonía	El pangui	Botadero	0,0841	2376,58687	11303	631,736752	17,891946
Pastaza	Amazonía	Arajuno	Relleno Sanitario	0,082203	2131,6176	8400	8858,84651	0,948205
Tungurahua	Sierra	Cevallos	Botadero	0,07992	2299,99364	10233	18,779252	544,909884
Loja	Sierra	Gonzanamá	Relleno Sanitario	0,079469	2124,3092	10464	681,90621	15,345219
Loja	Sierra	Zapotillo	Botadero	0,079168	2799,41569	14570	1211,57793	12,02564
Carchi	Sierra	Mira	Relleno Sanitario	0,078035	2004,91324	11767	584,174987	20,142937
Bolívar	Sierra	Chimbo	Celda Emergente	0,074795	2090,20332	17472	269,846541	64,747912
Morona santiago	Amazonía	Gualaquiza	Relleno Sanitario	0,07211	2144,2333	19716	2160,3347	9,126364
Azuay	Sierra	Chordeleg	Relleno Sanitario	0,071967	1805,87163	15567	104,352204	149,177491
Morona santiago	Amazonía	Limón indanza	Relleno Sanitario	0,071307	2051,08378	10287	1830,50854	5,61975
Napo	Amazonía	El chaco	Relleno Sanitario	0,069273	2289,74882	10527	3485,2511	3,020442
Galapagos	Insular	Santa cruz	Relleno Sanitario	0,068589	2799,41569	21211	1857,68937	11,417948
Morona santiago	Amazonía	Huamboya	Relleno Sanitario	0,067419	2097,54072	13150	655,543496	20,059691
Zamora chinchipe	Amazonía	Chinchipe	Relleno Sanitario	0,066194	2358,70013	10844	1102,01534	9,840153
Azuay	Sierra	Pucará	Relleno Sanitario	0,064985	1912,83678	10553	638,747465	16,521396
Sucumbíos	Amazonía	Gonzalo pizarro	Relleno Sanitario	0,060199	2031,34457	10188	2245,13748	4,537807
Zamora chinchipe	Amazonía	Palanda	Celda Emergente	0,060153	1590,94802	10449	2042,18267	5,116584
Zamora chinchipe	Amazonía	Nangaritza	Relleno Sanitario	0,06014	1937,22713	8619	2021,47048	4,263728
Carchi	Sierra	San pedro de huaca	Relleno Sanitario	0,060019	1551,86112	9108	76,468649	119,107636
Manabí	Costa	Olmedo	Celda Emergente	0,057457	1798,55235	10125	256,889521	39,41383
Morona santiago	Amazonía	Palora	Relleno Sanitario	0,057245	1880,92777	7744	1451,08262	5,336705
Galapagos	Insular	San cristobal	Botadero	0,056767	2516,14619	10059	843,278302	11,928446
Azuay	Sierra	Nabón	Relleno Sanitario	0,056687	1510,31632	17359	631,549526	27,486364
Bolívar	Sierra	Las naves		0,056092	1742,14061	7628	150,216297	50,780109
Tungurahua	Sierra	Mocha	Celda Emergente	0,055093	1737,12334	7372	85,214293	86,511309
Loja	Sierra	Sozoranga	Celda Emergente	0,05387	1511,49089	6949	421,88255	16,471409
Morona santiago	Amazonía	Logroño	Relleno Sanitario	0,053353	2136,46087	7964	1178,91056	6,755389
Morona santiago	Amazonía	Santiago	Relleno Sanitario	0,052939	1390,82973	11284	1367,79854	8,249753

Cañar	Sierra	Suscal	Celda Emergente	0,049614	1547,55438	6776	53,309391	127,10706
Loja	Sierra	Pindal	Celda Emergente	0,048973	1569,85661	10826	202,00246	53,593407
Chimborazo	Sierra	Penipe	Relleno Sanitario	0,048141	1427,44425	6908	371,122542	18,613798
Napo	Amazonía	Quijos	Relleno Sanitario	0,044176	1699,21825	6893	1590,98234	4,332543
Morona santiago	Amazonía	Tiwintza	Relleno Sanitario	0,043753	1727,62531	11914	1181,19831	10,086367
El oro	Costa	Balsas	Relleno Sanitario	0,042616	1580,60533	9689	68,756645	140,91729
Loja	Sierra	Chaguarpamba	Botadero	0,042382	1023,72748	6418	313,228088	20,489861
Zamora chinchipe	Amazonía	Centinela del cóndor	Relleno Sanitario	0,042213	1715,71653	8605	260,204208	33,07018
El oro	Costa	Atahualpa	Celda Emergente	0,041634	1174,5648	6480	281,681703	23,004689
El oro	Costa	Las lajas	Celda Emergente	0,041513	1126,17926	4931	298,659065	16,510465
Cañar	Sierra	Déleg	Relleno Sanitario	0,040702	1361,20822	6827	73,588113	92,773136
Loja	Sierra	Olmedo	Relleno Sanitario	0,033232	717,111688	4037	113,777274	35,481602
El oro	Costa	Marcabelfí	Relleno Sanitario	0,029417	1036,8797	6356	148,451661	42,815284
Orellana	Amazonía	Aguarico	Celda Emergente	0,028475	853,408332	3363	11293,9619	0,29777
Zamora chinchipe	Amazonía	Yacuambi	Relleno Sanitario	0,026444	1586,53253	7294	1253,44601	5,819158
Azuay	Sierra	Oña	Celda Emergente	0,025576	775,408529	4194	289,830791	14,470512
Zamora chinchipe	Amazonía	Paquisha	Relleno Sanitario	0,025151	1029,6293	6455	339,224242	19,028711
Azuay	Sierra	San fernando	Relleno Sanitario	0,020577	599,463072	4134	143,140001	28,880816
Morona santiago	Amazonía	Pablo sexto	Relleno Sanitario	0,018816	828,586588	3131	1388,96309	2,2542
Galapagos	Insular	Isabela		0,01709	586,01358	3233	5526,81884	0,584966
Azuay	Sierra	El pan	Relleno Sanitario	0,017082	443,72448	3060	139,320697	21,963714
Pastaza	Amazonía	Santa clara	Relleno Sanitario	0,016201	551,262413	4224	312,775163	13,504909
El oro	Costa	Chilla	Relleno Sanitario	0,016095	413,178545	2326	331,670407	7,012986
Sucumbíos	Amazonía	Cuyabeno	Relleno Sanitario	0,016062	614,340893	7061	3864,87176	1,826969
Napo	Amazonía	Carlos julio Arosemena tola	Relleno Sanitario	0,015973	632,720657	4593	500,60936	9,174818
Sucumbíos	Amazonía	Sucumbíos	Celda Emergente	0,01495	851,820494	3852	1517,13696	2,538993
Loja	Sierra	Quilanga	Celda Emergente	0,014869	491,446613	4108	236,524284	17,368196
Morona santiago	Amazonía	San juan bosco	Relleno Sanitario	0,014447	578,313655	5146	1090,48604	4,718997
Azuay	Sierra	Guachapala	Relleno Sanitario	0,011869	339,927754	3907	40,510321	96,444557

Elaborado

por:

Autor

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Jessica Daniela Zhicay Gómez portador de la cédula de ciudadanía N.º 010749777-8. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación "Estimación de la producción de gas metano en los sitios de disposición final de residuos sólidos en Ecuador" de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 28 de marzo de 2024

F: 
Jessica Daniela Zhicay Gómez
010749777-8