



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Análisis de la variación de la producción per cápita y densidad de residuos sólidos urbanos de 14 poblados del Ecuador

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Civil

Autor:

Roldan Cajilema, Klever Darwin

Tutor:

Ing. Alfonso Patricio Arellano Barriga, Mgs.

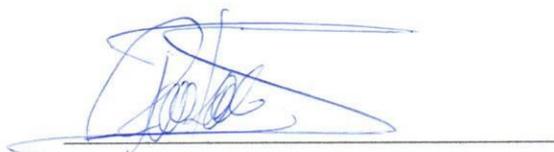
Riobamba, Ecuador. 2025

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, **Klever Darwin Roldan Cajilema**, con cédula de ciudadanía **0605174663**, autor del trabajo de investigación titulado: **“Análisis de la variación de la producción per cápita y densidad de residuos sólidos urbanos de 14 poblados del Ecuador”**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mi exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, a la fecha del 15 de mayo del 2025.



Klever Darwin Roldan Cajilema

C.I: 0605174663

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, **Alfonso Patricio Arellano Barriga** catedrático adscrito a la **Facultad de Ingeniería**, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: **“Análisis de la variación de la producción per cápita y densidad de residuos sólidos urbanos de 14 poblados del Ecuador”**, bajo la autoría de **Roldan Cajilema Klever Darwin**; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los **15 días del mes de mayo de 2025**



Ing. Alfonso Patricio Arellano Barriga

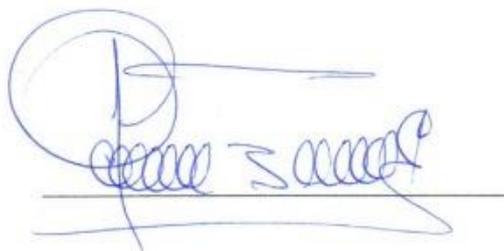
C.I: 0601823313

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **Análisis de la variación de la producción per cápita y densidad de residuos sólidos urbanos de 14 poblados del Ecuador**, presentado por **Klever Darwin Roldan Cajilema**, con CC: 0605174663, bajo la tutoría de **Ing. Alfonso Patricio Arellano Barriga Mgs.**; certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en **Riobamba 15 de mayo de 2025**.

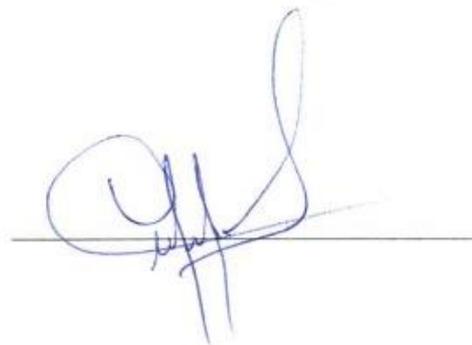
Ing. Marco Javier Palacios Carvajal. Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Jessica Paulina Brito Noboa. Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Nelson Estuardo Patiño Vaca. Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





CERTIFICACIÓN

Que, **KLEVER DARWIN ROLDAN CAJILEMA** con CC: **0605174663**, estudiante de la Carrera **INGENIERÍA CIVIL**, Facultad de **INGENIERÍA** ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PER CÁPITA Y DENSIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE 14 POBLADOS DEL ECUADOR.**", cumple con el 6 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO MAGISTER**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 09 de mayo de 2025

Mgs. Alfonso Arellano
TUTOR(A)

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación está dedicado a mis padres, cuyo amor, esfuerzo y sacrificio han sido la base que ha sostenido cada paso de mi camino. A ellos, que han celebrado mis logros con orgullo y me han levantado en los momentos difíciles, brindándome su apoyo incondicional tanto emocional como económico.

A mis hermanas, por ser mis compañeras inquebrantables, presentes en cada etapa, compartiendo conmigo sus palabras de aliento y su respaldo constante.

A mis familiares y amigos, por sus sabios consejos, por abrirme las puertas cuando más lo necesité y por compartir generosamente sus conocimientos, dejándome siempre una enseñanza valiosa.

Klever Darwin Roldan Cajilema

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, expreso mi más sincera gratitud a Dios, por ser la luz y fortaleza que ha guiado cada paso en este camino. Sin su infinita bondad y amparo, no habría sido posible llegar hasta aquí.

A mis padres, Juliana y José, mi eterno agradecimiento por su amor incondicional, por ser mi pilar fundamental en cada etapa de este proceso. Su apoyo constante, sus sabias palabras y su orientación han sido la guía que me ha permitido superar cada desafío y alcanzar este logro.

A mis queridas hermanas, Jhoselyn y Elvia, mi más profundo agradecimiento por su amor incondicional y su apoyo constante. Su presencia, ánimo y palabras de aliento han sido un verdadero tesoro en esta travesía, dándome la fuerza necesaria para superar cada obstáculo y alcanzar mis metas.

A la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Chimborazo, por brindarme la oportunidad de formarme no solo académicamente, sino también como persona, fortaleciendo mis valores y principios a lo largo de este proceso.

De manera especial, agradezco al Ing. Alfonso Arellano, por su valiosa orientación y sabiduría en la elaboración de este trabajo de titulación. Gracias a sus acertados consejos, correcciones y apoyo constante, he podido culminar con éxito este trabajo de titulación.

Finalmente, a todas las personas que han sido parte fundamental de mi vida académica, por estar presentes en cada paso, brindándome su apoyo incondicional y contribuyendo a la realización de este sueño.

Klever Darwin Roldan Cajilema

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL
CERTIFICADO ANTIPLAGIO
DEDICATORIA
AGRADECIMIENTO
ÍNDICE GENERAL
ÍNDICE DE TABLAS
ÍNDICE DE FIGURAS
RESUMEN
ABSTRACT

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1 ANTECEDENTES	13
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.3 JUSTIFICACIÓN	21
1.4 OBJETIVOS	22
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	23
2.1 MARCO TEORICO	23
<i>Residuos sólidos (RS)</i>	23
<i>Producción per cápita de residuos sólidos (PPC)</i>	23
<i>Densidad de residuos sólidos</i>	23
2.2 ESTADO DE ARTE.....	23
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	26
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN PER CÁPITA (PPC) DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	29
ANÁLISIS DE LA DENSIDAD DE LOS RESIDUOS SOLIDOS.....	38
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
5.1 CONCLUSIONES	47
5.2 RECOMENDACIONES.....	48
BIBLIOGRAFÍA	49
ANEXOS	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Datos de PPC y Densidades registrados de los 14 poblados del Ecuador.....</i>	27
Tabla 2. <i>Rango de correlación de Evans.</i>	29
Tabla 3. <i>Producción Per Cápita de los residuos sólidos de los 14 poblados</i>	30
Tabla 4. Modelos y correlaciones de producción per cápita de los residuos solidos.....	34
Tabla 5. <i>Densidades promedios y ponderadas de los 14 poblados de estudio</i>	39
Tabla 6. Modelos y correlaciones de densidad de los residuos sólidos	43
Tabla 7. Rangos propuestos para el análisis de los residuos sólidos urbanos.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la población de estudio.....	15
Figura 2. Metodología del proyecto de investigación	26
Figura 3. <i>PPC promedio y ponderada de los residuos sólidos de 14 poblados del Ecuador</i>	31
Figura 4. <i>PPC ponderada de los residuos sólidos de 14 poblados</i>	32
Figura 5. <i>PPC ponderada de los poblados medianos</i>	33
Figura 6. <i>PPC ponderada de los poblados pequeños.</i>	33
Figura 7. <i>PPC de los poblados medianos</i>	33
Figura 8. <i>PPC de los poblados pequeños</i>	33
Figura 9. <i>Densidad promedio y ponderada de los residuos sólidos de 14 poblados del Ecuador</i>	40
Figura 10. <i>Densidad ponderada de los residuos sólidos de 14 poblados</i>	41
Figura 11. <i>Densidad ponderada de los poblados medianos</i>	42
Figura 12. <i>Densidad ponderada de los poblados pequeños</i>	42
Figura 13. <i>Densidad de los poblados medianos</i>	42
Figura 14. <i>Densidad de los poblados pequeños</i>	42

RESUMEN

Una buena gestión de los residuos sólidos es fundamental para la calidad de vida los habitantes de una sociedad. Por aquello, es necesario analizar las variaciones de la producción per cápita y densidad de los residuos sólidos. Con este objetivo, se llevó a cabo el análisis de las variaciones de producción per cápita de los residuos sólidos urbanos de 14 poblados menores a 150,000 habitantes del Ecuador. Para el análisis se tomó como línea base la información de residuos sólidos obtenidos en investigaciones previas bajo la misma metodología. Este estudio reveló que la producción per cápita ponderada de los 14 poblados tiene un coeficiente de correlación considerable, en cambio la densidad mostró un coeficiente de correlación débil. Por lo que, se segmentó los 14 poblados en tres categorías y se obtuvieron modelos para predecir tanto la producción per cápita y densidad. La población mediana mostró un coeficiente de correlación muy fuerte tanto para la producción per cápita ponderada y densidad. En cambio, la población pequeña mostró un coeficiente de correlación media tanto para la producción per cápita ponderada y densidad. Además, se observó un cambio de concavidad en la curva que sugiere que los rangos podrían no ser los más adecuados. El análisis por estratos socioeconómicos mostró tendencias mixtas, con variaciones entre diferentes grupos. Con base en los resultados, se recomienda una revisión de los rangos de clasificación poblacional establecido en investigaciones previas. Además, realizar estudios futuros que incluyan las poblaciones grandes, ya que en este estudio no se pudo por la falta de datos.

Palabras Clave: Residuos sólidos, producción per cápita, densidad, coeficiente de correlación, modelos.

Abstract

Good solid waste management is essential for the quality of life of the inhabitants of society. Therefore, it is necessary to analyze the variations in per capita production and density of solid waste. Thus, an analysis of the variations in per capita production of urban solid waste carried out in 14 towns with fewer than 150,000 inhabitants in Ecuador. For the analysis, the data on solid waste obtained from previous research using the same methodology was used as the baseline. This study revealed that the weighted per capita production of the 14 towns had a significant correlation coefficient, while the density showed a weak one. Therefore, the 14 towns were segmented into three categories, and models were developed to predict both per capita production and density. The median population showed a very strong correlation coefficient for both weighted per capita production and density. On the other hand, the small population showed a significant correlation coefficient for both weighted per capita production and density. In addition, a change in the concavity of the curve was observed, suggesting that the ranges may not be the most appropriate. The analysis by socioeconomic strata showed mixed trends, with variations between different groups. Based on the results, it is recommended to review the population classification ranges established in previous research. Furthermore, future studies should include larger populations, as this study was not possible due to a lack of data.

Keywords: Solid waste, per capita production, density, correlation coefficient, models.



Reviewed by:

Mgs. Hugo Solis V.

ENGLISH PROFESSOR

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

La gestión adecuada de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) representa un reto complejo que enfrentan muchas ciudades. Estos residuos provienen de diversas fuentes, como los sectores empresariales, industrial, comercial y turístico. A medida que las grandes ciudades crecen en población y desarrollo, también lo hace la generación de residuos, planteando desafíos significativos para su manejo adecuado (Solíz Torres et al., 2020).

Hace una década, la generación de los residuos sólidos urbanos a nivel mundial era aproximadamente 1,300 millones de toneladas por años y se estimó que para el 2025 sería de 2,200 millones de toneladas lo que significa un aumento de la generación de la producción per cápita de 1.2 kg a 1.42 kg por persona (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012), sin embargo, para el 2023 la generación de Residuos Sólidos Urbanos alcanzó los 2,300 millones de toneladas por año a nivel global. Se proyecta que para el 2050 la cifra se incremente a los 3,800 millones de toneladas, lo que representa una 65% de incremento (UNEP, 2024).

La producción per cápita (PPC) es la cantidad de residuos sólidos generados por un habitante en un día (kg/hab/día). Conocer este dato es importante ya que se utiliza para el diseño e implementación de sistema de gestión de los residuos sólidos (Vélez et al., 2019).

En algunos poblados del Ecuador es evidente la problemática en la gestión de residuos sólidos, esto se ve evidenciada en la acumulación de basura en espacios públicos, la quema de residuos o vertido en ríos y océanos (Naula & Israel, 2023)

En los últimos años, la producción per cápita de residuos sólidos en Ecuador ha ido en aumento, lo que representa un desafío para la gestión de residuos sólidos urbanos en el país. Según los datos de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (GADM) en Ecuador, la producción de residuos sólidos alcanzó los 0.84 kg por persona al día en el año 2019 (INEC, 2019). Mientras que en 2022 en las áreas urbanas la producción de residuos sólidos alcanzó los 0.9 kg por persona al día (INEC, 2022a), lo que representa un incremento de 0.06kg por persona al día en 3 años.

En Ecuador, el manejo de los desechos sólidos en todo el país es responsabilidad de las municipalidades (Código Orgánico del Ambiente, 2019). Los residuos sólidos tienen un impacto considerable en la calidad de aire, el agua y el suelo (MAATE, 2015). Su adecuada gestión es crucial para proteger la salud pública y la conservación del medio ambiente, por lo que, es esencial que los GADM asuman con responsabilidad (Chalacán, 2023).

La falta de información actualizada por parte de los Gobiernos Autónomos Descentralizados sobre la caracterización de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en sus ciudades representa una problemática para la gestión adecuada de los residuos. Sin los datos actualizados los GADMs se ven obligados a continuar implementando planes de gestión que no son sostenibles ni eficaces, lo que compromete al cumplimiento de metas (Mejía, 2024).

La generación de residuos sólidos difiere ampliamente entre distintas ciudades, la producción per cápita (PPC) de RSU puede ser analizada como el consumo per cápita de agua potable, debido que ambos indicadores comparten factores como los aspectos socioeconómicos, demográficos y gestión (Arellano et al., 2024).

Según Chalacán (2023) mediante el análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencias significativas en la producción y densidad de residuos sólidos entre estratos socioeconómicos en 5 cantones (Riobamba, Otavalo, Tena, Baños y Chambo) del Ecuador. Comparó cantones dentro de un mismo estrato, solo el estrato A mostró similitud en la producción per cápita (PPC). En cuanto a densidad, hubo similitudes en los estratos C y D. Comprender estas variaciones pueden ayudar a implementar estrategias de gestión de residuos, así como la recolección de residuos sólidos adaptados a cantidad y densidad del mismo, a la planificación y desarrollo de infraestructuras de gestión de residuos adecuados.

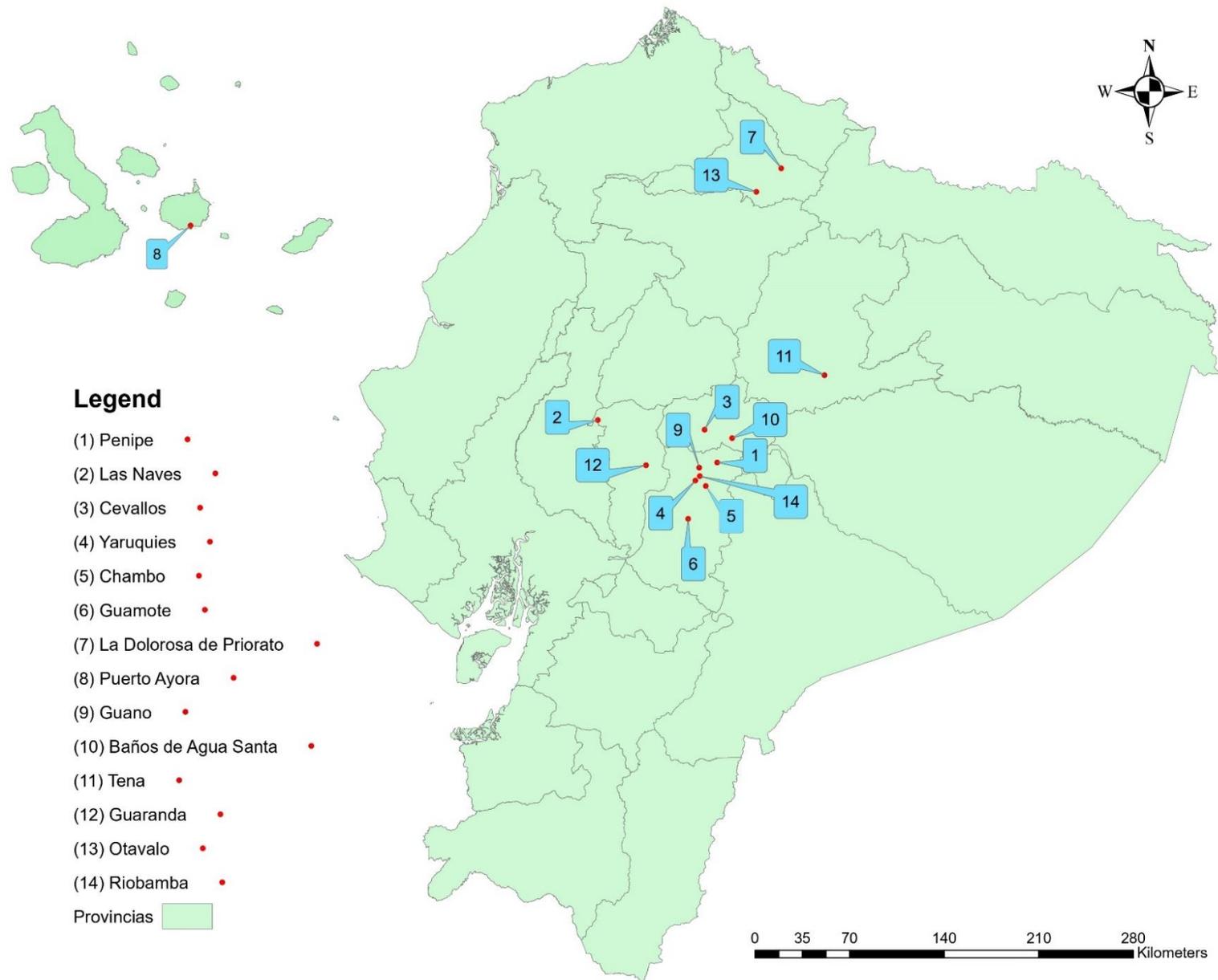


Figura 1. *Ubicación geográfica de la población de estudio*

El cantón Riobamba tiene una población total del 260,882 habitantes, el 67.93% de la población vive en la zona urbana, mientras el 32.07% vive en la zona rural. La producción per cápita de los residuos sólidos en la zona urbana es de 0.57 kg/hab/día (Arellano et al., 2014). Como resultado el relleno sanitario de Porlón recibe un total de 240 toneladas de residuos sólidos al día, las 225 toneladas de residuos sólidos corresponden a la zona urbana de Riobamba, mientras las 15 toneladas de residuos sólidos corresponden a los cantones vecinos Chambo y Penipe (PDYOT Riobamba, 2023). Tratar una tonelada de residuos sólidos en el relleno sanitario el Porlón tiene un costo de 30 dólares americanos, es decir, que al mes requieren alrededor de 198 mil dólares (La Prensa, 2023).

Según el Censo de Población y Vivienda INEC (2010) el cantón Guamote cuenta con 45,153 total de habitantes, 15.5% habitantes viven en la zona urbana y la producción per cápita de los residuos sólidos en la zona urbana es de 0.48 kg/hab/día (Villa, 2023). La recolección de residuos sólidos se realiza mediante el método de acera cada martes, cada 8 días y cada quincena. En 2019 entró en funcionamiento el relleno sanitario ubicado en el sector de Palmira que cubre un área de 16.19 hectáreas mancomunado para la gestión de desechos sólidos de los Gobiernos Descentralizados Autónomos Municipales de Colta, Alausí y Guamote. Actualmente la Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo de los Cantones Colta, Alausí y Guamote (GACEMMA-EP) presta los servicios de higiene ambiental y disposición final de los residuos sólidos (PDYOT Guamote, 2019).

Según el Censo de Población y Vivienda INEC (2010), el cantón Penipe tiene un total de 6,739 habitantes y 1,228 habitantes viven en la zona urbana del cantón. Según Quilumba y Vaca (2024), producción per cápita de los residuos sólidos del cantón Penipe es de 0.38 kg/hab/día. Todos los residuos recolectados son transportados hacia el relleno sanitario el Porlón, según GADM Riobamba (2023) al sitio llegan un total 240 toneladas de residuos sólidos al día y alrededor de 4 toneladas de residuos sólidos provienen del cantón Penipe (La Prensa, 2022).

El cantón Chambo no cuenta con parroquias sin embargo el cantón tiene zona rural y urbana. La población del cantón Chambo para la zona rural es de 7,426 habitantes y la zona urbana tiene 4,639 habitantes (PDYOT Chambo, 2014). La producción per cápita de los residuos sólidos en la zona urbana es de 0.32 kg/hab/día (González & Gavilanes, 2014). Según Paredes et al., (2022) el cantón Chambo genera 1536 toneladas de residuos sólidos al año

para la zona urbana, la zona rural produce 432 toneladas de residuos sólidos al año. Los residuos sólidos recolectados son transportados al relleno sanitario Porlón el cual es un sitio donde se depositan los residuos sólidos, ubicado a 10 km del área urbana cantonal de Chambo. Es propiedad del GADM de Riobamba, los mismo que tienen un convenio entre los cantones Riobamba, Penipe y Chambo, una de las responsabilidades que establece el convenio es cancelar un valor de \$8.36 por tonelada entre el cantón Chambo y Penipe este valor cubre los costos de mantenimiento y operación, además, deben contribuir con las maquinarias pesadas cuando el GADM de Riobamba solicite ante una emergencia sanitaria (PDYOT Riobamba, 2023).

Según los datos del Censo de Población y Vivienda INEC (2010), el cantón Guaranda tiene alrededor de 91,877 habitantes, de los cuales, el 25,000 habitantes viven en la zona urbana del cantón (GADM Guaranda, 2024). La producción per cápita de los residuos sólidos en la zona urbana es de 0.58 kg/hab/día (Alarcón & Mayanacha, 2024). La recolección de residuos sólidos se realiza diariamente y son transportados al botadero a cielo abierto ubicado en el sector de Curgua, a este botadero llegan alrededor de 668 toneladas de residuos sólidos al mes (PDYOT Guaranda, 2020).

Según los datos del Censo de Población y Vivienda INEC (2010), en el cantón Guano habitan 42,851 habitantes y 13,576 habitantes viven en la zona urbana. Los residuos sólidos que se generan en el cantón Guano son transportados hacia el relleno sanitario ubicado a 6.3 kilómetros del centro cabecera cantonal en la vía Guano-Valparaíso. El relleno sanitario recibe alrededor de 5 a 8 toneladas de residuos sólidos al día misma que son recolectados en las zonas rurales y urbanas (GADM Guano, 2021). Según Quezada y Rubio (2024), la producción per cápita (PPC) de los residuos sólidos del cantón Guano es de 0.6 kg/hab/día para la zona urbana lo que se traduce a 8 toneladas de residuos al día, los componentes con mayor representación corresponden en un 65.43% al origen orgánico y el 34.57% corresponde a los residuos inorgánicos.

Según el GADM Otavalo (2024), tiene una población en la zona urbana de 44,536 habitantes y la zona rural de 65,925 habitantes. La recolección de los residuos sólidos se realiza en 14 rutas, 6 días a la semana el cual cubre el 100% en la zona urbana (PDYOT Otavalo, 2020). Desde el 2019 en la zona urbana y rural se realiza la separación en la fuente conforme al tipo de residuos sólidos empleando tachos con su respectivo color. Según Cárdenas y Patiño

(2022), la producción per cápita de los residuos sólidos para la zona urbana es de 0.63 kg/hab/día. Todos los residuos sólidos recolectados son llevados al relleno sanitario ubicado en la comunidad de Sinshiuco a 1.4 km al Oeste de la comunidad de Carabela tiene una superficie de 29 hectáreas, al relleno sanitario llegan 70 toneladas de residuos sólidos al día (APAK TV, 2022).

Según el Censo de Población y Viviendas INEC (2010), el cantón Baños de Agua Santa tiene 20,018 habitantes y 13,619 habitantes se encuentran en la zona urbana. Según Pérez (2015), la producción per cápita de los residuos sólidos es de 0.50 kg/hab/día. Los residuos sólidos son recolectados mediante el camión recolector y son transportados hacia el relleno sanitaria Juive Grande ubicado a 7 km de la ciudad de Baños, que tiene una cobertura del 90% de la población, donde llegan en promedio 19 toneladas de residuos sólidos al día (PDYOT Baños de Agua Santa, 2019).

Según los datos del Censo de Población y Viviendas INEC (2010), el cantón Tena cuenta un total 60,880 habitantes donde el 38.28% de los habitantes viven en la zona urbana. El 95% de la zona urbana tiene acceso a los servicios básicos: agua potable, sanitario, alcantarillado, energía eléctrica, tratamiento de aguas residuales y pluvial (PDYOT Tena, 2020). La producción per cápita de los residuos sólidos en la zona urbana de la ciudad de Tena es de 0.57 kg/hab/día (Rosales, 2015). Los residuos sólidos recolectado son transportados al relleno sanitario ubicado en el sector El Chimbadero del cantón Tena tiene 0.64 hectáreas de terreno con una vida útil de 20 años (PDYOT Tena, 2020).

Según el Censo de Población y vivienda INEC (2010), el cantón Cevallos tiene una población de 8,163 habitantes, en la zona urbana viven 2,501 habitantes. De acuerdo con los datos del GADM Cevallos (2015), la cobertura de la recolección de los residuos sólidos en zona urbana es de 92.3% y 67.2% para la zona rural. La producción per cápita de los residuos sólidos en la zona urbana es de 0.62 kg/hab/día (Mejía, 2024), y al día generan alrededor del 9.6 toneladas de residuos sólidos (GADM Cevallos, 2018).

De acuerdo con el PDYOT Santa Cruz (2020), cuenta con 17,678 habitantes a nivel cantonal, Puerto Ayora es la ciudad más habitada con aproximado 12,696 habitantes en la zona urbana. La gestión de los residuos sólidos se realiza por medio del camión recolector parte del GADM Santa Cruz los lunes, miércoles y viernes con cobertura del 99.53% de la zona

urbana y el 96.70% de la zona rural (PDYOT Santa Cruz, 2021). La producción per cápita de los residuos sólidos es de 0.65 kg/hab/día (Altamirano, 2024).

Según PDYOT Las Naves (2023), la cifra asciende a un total de 7,012 habitantes y 1,984 habitantes viven en la zona urbana del cantón Las Naves. La recolección de los residuos sólidos para la zona urbana se realiza por el método de acera en 3 rutas y la disposición final de los residuos sólidos se realiza en el relleno sanitario “Mundo Verde” que está ubicado en el recinto Lechugal, cantón Ventanas cuenta con una superficie de 10 hectáreas, tienen una mancomunidad de los Gobierno Autónomos Descentralizados Municipales: Ventanas, Caluma, Pueblo Viejo, Urdaneta, Las Naves y Echeandía. El relleno sanitario tiene una capacidad para 150 toneladas de residuos sólidos con una vida útil de 4 años. Al relleno sanitaria llegan aproximadamente 7 toneladas de residuos sólidos al día por el cual se debe cancelar el valor de 18 dólares americanos por una tonelada de residuos sólidos (PDYOT Las Naves, 2023). La producción per cápita de los residuos sólidos en la zona urbana del cantón Las Naves es de 0.45 kg/hab/día (Najera, 2024).

Según el PDYOT Ibarra (2022), la Dolorosa de Priorato cuentan con 9,643 habitantes en la zona urbana. La disposición final de los residuos sólidos se realiza primero en la estación de transferencia de Socapamba donde almacenan los residuos sólidos temporalmente para luego transportarlos hacia el relleno sanitario de San Alfonso ubicado a 35 km de la estación de transferencia, cuenta con superficie de 50 hectáreas, el relleno sanitario recibe aproximadamente 145 toneladas de residuos sólidos al día (PDYOT IBARRA, 2021). La producción per cápita de los residuos sólidos en la zona urbana de la Dolorosa de Priorato es de 0.42 kg/hab/día (Quilumba & Vaca, 2024).

Según Quispe (2024), la parroquia Yaruquíes tiene 2,749 habitantes en la zona urbana. La gestión de los residuos sólidos de la parroquia urbana de Yaruquíes está a cargo del Municipio de Riobamba mediante la dirección de higiene, la recolección de los residuos sólidos se realiza de lunes a sábado a través de un vehículo de carga posterior. Los residuos que son recolectados son transportados hacia el relleno sanitario el Porlón. La producción per cápita de los residuos sólidos es de 0.31 kg/hab/día.

En esta investigación se llevará a cabo un análisis estadístico de la variación en la producción y densidad de residuos sólidos urbanos (RSU) en 14 poblaciones de Ecuador con menos de 150,000 habitantes. Las localidades incluidas en el estudio son: Riobamba, Chambo, Tena,

Baños de Agua Santa, Otavalo, Guamote, Puerto Ayora, Penipe, La Dolorosa de Priorato, Guaranda, Las Naves, Guano, Cevallos y Yaruquíes.

Para el análisis estadístico se tomará como línea base la información de residuos sólidos urbanos obtenida en investigaciones previas, desarrolladas bajo la metodología propuesta por Arellano et al. (2024), la cual contempla aspectos de caracterización urbanística y socioeconómica.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La gestión de los residuos sólidos en el Ecuador enfrenta serios desafíos especialmente en la zonas urbanas. La falta de información precisa y actualizada sobre las caracterización de los Residuos Sólidos, limita la capacidad de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (GADM) para implementar una buena gestión de los residuos sólidos. Esta deficiencia contribuye a la acumulación de los residuos sólidos en vertederos informales, espacios abierto y la saturación de los rellenos sanitarios, lo que agrava la contaminación de agua, aire y suelo. Como consecuencia los GADM deben buscar nuevos sitios para la disposición de los residuos sólidos, renovar la infraestructura existente, implementar contenedores adicionales y responder al aumento en la demanda de servicios de saneamiento.

La limitada información se debe a los problemas internos que tiene los GADM, como alta rotación del personal y falta del personal capacitado para recolectar y reportar información. Dando como resultado información desactualizada o poco confiable, lo que dificulta en la gestión efectiva de los residuos sólidos. Aunque el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) publicó datos a nivel nacional en 2022, los GADM no llevan a cabo procesos de caracterización de residuos sólidos urbanos conforme a las recomendaciones de la Asociación de Municipalidades Ecuatorianas (AME), que sugiere realizar dicha caracterización cada dos años (Solíz Torres et al., 2020).

La información de producción per cápita y componentes emitida por algunas instituciones y estudios como del INEC es generalizada a nivel nacional o regional, pero no precisan qué técnicas y métodos utilizaron ni durante cuántos días. Como muchos GADM no cuentan con información propia, asumen erróneamente los valores mencionados, que no se ajustan a su realidad. Esa realidad es dinámica, de manera que las características básicas de los RSU de

un poblado cambian con el tiempo, dependiendo principalmente de factores socioeconómicos y demográficos. Existen poblados que no tienen conocimiento de su PPC, componentes ni densidades, pero que podrían asumir valores de otros poblados con similares características socioeconómicas y demográficas.

Por lo tanto, este estudio pretende comparar los valores de PPC y densidad determinados con los mismos métodos y técnicas, manteniendo los factores socioeconómicos y demográficos como variables constantes, para determinar si existen correlaciones con validez estadística que permitan usar esos valores como referencia para los GADM que no los tienen.

En este contexto surge la necesidad buscar modelos predictivos de las variables PPC, densidades en grupos socioeconómicos y demográficos parecidos. Por ello, la pregunta de investigación es la siguiente:

¿Cuál es la variación en la producción per cápita (PPC) y la densidad de residuos sólidos urbanos en 14 poblados del Ecuador?

1.3 JUSTIFICACIÓN

Una buena gestión de los residuos sólidos es clave para la calidad de vida de la población y del medio ambiente. En la actualidad Ecuador no tiene ninguna normativa para la caracterización de los residuos sólidos. La ausencia de esta normativa agrava la situación para los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales lo que proporciona información no confiable y desactualizada, lo que dificulta en la planificación y gestión eficiente de los residuos sólidos.

La producción per cápita y las densidades de los RSU son necesarias para dimensionar planes de almacenamiento temporal a través de contenedores, para determinar la cantidad y capacidad de los camiones recolectores de residuos sólidos, las rutas de recolección, diseñar la infraestructura y operación de un relleno sanitario. El conocimiento de los componentes de los RSU permite definir planes de recuperación de grupos de residuos con fines de reciclaje para optimizar los recursos públicos al disminuir la infraestructura, operación del relleno sanitario y de los equipos de recolección. Sin la información de esas características

de los RSU, los planes de gestión pertinentes no se ajustan a las necesidades propias de un poblado.

Según la Ley Orgánica de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (COOTAD) (2010), en su artículo 55, literal K, se establece que los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (GADM) son los responsables directos del manejo de los residuos sólidos (Oleas Espín, 2018).

Según el Código Orgánico del Ambiente (COA) en el artículo 570, indica que los gobiernos autónomos descentralizados municipales y metropolitanos deberán remitir una declaración anual sobre la generación y gestión de residuos sólidos no peligrosos (INEC, 2022b).

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2841 (2014), establece los respectivos colores para los recipientes de depósito y almacenamiento temporal de los residuos sólidos con el fin de incentivar la separación en la fuente de generación y la recolección selectiva.

Esta investigación contribuirá a identificar las variaciones y tendencias en la producción de residuos sólidos urbanos (RSU) entre diferentes ciudades del Ecuador, proporcionando a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (GADM) una guía para una gestión eficiente de residuos sólidos.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- Analizar las variaciones de la producción per cápita y densidad de Residuos Sólidos Urbanos de 14 poblados del Ecuador.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar las variaciones de producción per cápita y densidad de los residuos sólidos urbanos entre cada estrato socioeconómico de cada ciudad
- Determinar si existen variaciones significativas de producción per cápita y densidad ponderadas entre las ciudades investigadas
- Identificar si esas variaciones tienen significancia estadística

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO TEORICO

2.1.1 Residuos sólidos (RS)

Según Tamayo et al. (2010), los residuos sólidos son aquellos objetos, materiales, sustancias o elementos de consistencia sólida de recipientes, envoltorios, empaques, botellas, frascos, resultantes de las actividades humanas provenientes de sectores públicas y privadas.

2.1.2 Producción per cápita de residuos sólidos (PPC)

La producción per cápita de residuos sólidos (PPC), se define como la cantidad de residuos sólidos generados por cada persona en un población o región determinada en un periodo de tiempo, PPC depende de muchos factores como la tasa de crecimiento, la tasa de urbanización, patrones de consumo y nivel de ingresos. Se puede medir en varias unidades, como kg/hab/día o kg/hab/año (Vélez et al., 2019).

2.1.3 Densidad de residuos sólidos

La densidad de los residuos sólidos se refiere a la relación de masa entre el volumen de los residuos sólidos generados, puede varias dependiendo del clima, tipo de residuo (orgánica, inorgánica, reciclables, etc.) y la región geográfica. Conocer la densidad de los residuos sólidos de una población o región en especifica puede ayudar al diseño, operación de sistema de recolección, tipo de vehículo, método de compactación y disposición final (Romero & Vásquez, 2022).

2.2 ESTADO DE ARTE

En el territorio ecuatoriano no existe ninguna normativa de como determinar la producción per cápita y densidad de los residuos sólidos urbanos, por lo cual se toma la siguiente investigación “Enfoque interdisciplinario para la gestión sustentable del agua potable y de los residuos sólidos en Ecuador” (Arellano et al., 2024).

La generación de los residuos sólidos en algunas áreas de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito en el periodo del 2012 al 2013, reveló que los residuos sólidos

orgánicos representan el 51.07% del total, plásticos 22.17% y papel 16.45%. La producción per cápita fue de 0.3 kg/hab/día, con una densidad promedio de 79.7 kg/m³.

Según INEC (2022), cada habitante del Ecuador genera 0.9 kg de residuos sólidos por día, el PPC más alto corresponde a Guayas con 1.3 kg de residuos sólidos por día, mientras el PPC más bajo corresponde a Azuay con 0.5 kg de residuos sólidos al día. Con un promedio de 14,394 toneladas diarias de residuos sólidos a nivel nacional.

En el Ecuador, según Solíz Torres et al. (2020), a nivel nacional se generó aproximadamente 13,400 toneladas diarias de residuos sólidos, con una producción per cápita que oscila entre 0.6 kg/hab/día. El 44% son enterrados en rellenos sanitarios, el 34% en vertederos controlados o celda emergentes y el 22% en botaderos a cielo abierto.

Loyola (2018) realizó un análisis de producción per cápita y densidades de residuos sólidos generados del años 2013 al 2018. Los resultado mostraron una disminución de densidad pasando de 236.7176 kg/m³ a 189.7901kg/m³ respectivamente, a pesar de que el cantón Azogues experimentó un incremento de la población durante este periodo. Sin embargo, la producción per cápita no mostró diferencias significativas, según el autor esto se debe a que la municipalidad en esos años ha implementado programas y medidas de reciclaje.

Sánchez (2019) realizó un estudio en el cantón Sucúa, en el cual determinó que la densidad promedio de los residuos sólidos orgánicos es de 296.08 kg/m³ y 106.41 kg/m³ para los residuos sólidos inorgánicos, según el autor esta diferencia se atribuye a las costumbres y a las actividades socioeconómicas de sus habitantes.

Flores et al. (2012) realizaron un estudio a 8 macro distritos de la ciudad de la Paz, Bolivia. Utilizaron una serie de datos históricos desde 2001 hasta 2010 sobre la población y la producción de residuos sólidos. Los resultados obtenidos muestran una tendencia lineal positiva con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.54313$, lo que sugiere que en su análisis el aumento de la población está asociado con un incremento en la generación de residuos sólidos.

Granda (2022) realizó la caracterización de los residuos sólidos urbanos para la parroquia Pimampiro, la investigación reveló que los residuos sólidos orgánicos representan el 67.6% del total, 32.4% corresponde a los residuos inorgánicos. La composición de los residuos

sólidos más descartados fue plásticos (10.42%), papel y cartón (6.24%) y otros tipos de residuos (15.74%). La densidad promedio fue de 217.682 kg/m³, además, recalca que la gestión de los residuos sólidos es deficiente sobre todo en la separación, tratamiento y disposición final.

Ceballos y Flores (2023) realizaron un estudio entre la producción de los residuos sólidos urbanos municipales y diversas variables socioeconómicas en 32 entidades federales de México, los autores en su investigación concluyeron que existe una relación directa proporcional entre la producción de los residuos sólidos municipales y el nivel académico. Además, existe una relación negativa entre la densidad de los residuos sólidos y la población.

En un estudio realizado en ciudad de Riobamba por Arellano et al., (2014), la producción per cápita es de 0.65 kg/hab/día y una densidad de 233.25 kg/m³. Además, los estratos B y D tienen mayor cantidad de residuos sólidos los estratos A y C tiene valores similares, pero son más bajos.

Según Pérez (2015), Baños de Agua Santa tiene una producción per cápita de 0.503 kg/hab/día y una densidad de 201.62 kg/m³, el 62.86% de componentes corresponden a la materia orgánica, el 21.17% a desechos no reciclables y el material potencialmente reciclable es cartón y Tetrapak.

En la zona urbana de Otavalo la producción per cápita es de 0.63 kg/hab/día con una densidad de 187.09 kg/m³, lo que equivale a las 28 toneladas de residuos sólidos al día. Además, identifiqué que producción per cápita (PPC) de los residuos sólidos urbanos es inversamente proporcional al número de habitantes y que pico más alto de residuos sólidos registrado fue el día martes (Cárdenas & Patiño, 2022).

Para la ciudad de Guano la producción per cápita es de 0.60 kg/hab/día y densidad de 234.18kg/m³ y que los estratos con bajo nivel económico presenta más densidad de desechos (Quezada & Rubio, 2024).

Chalacán (2023) realizó un estudio donde comparó datos de producción per cápita y densidades de residuos sólidos de 5 cantones del Ecuador (Riobamba, Tena, Otavalo, Baños de Agua Santa y Chambo), para producción per cápita solo hubo similitud en el estrato A y la densidad hubo similitud en los estratos C y D.

Parco (2023) realizó un análisis de varianzas (ANOVA) donde se evidenció diferencias significativas entre los 5 cantones (Riobamba, Tena, Otavalo, Baños de Agua Santa y Chambo) a excepción de Riobamba y Tena, además, existen diferencias en los componentes de cada estrato socioeconómico, a excepción de botellas plásticas y botellas de vidrio y recalca que sus diferencias son por las políticas de recuperación o reciclaje que tienen cada cantón analizado.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

La metodología empleada para la presente investigación es de tipo cuantitativa, basado en la recolección sistemática de datos cuantitativo, que posteriormente serán utilizados en el análisis estadístico, como se muestra en la **Figura 2**.

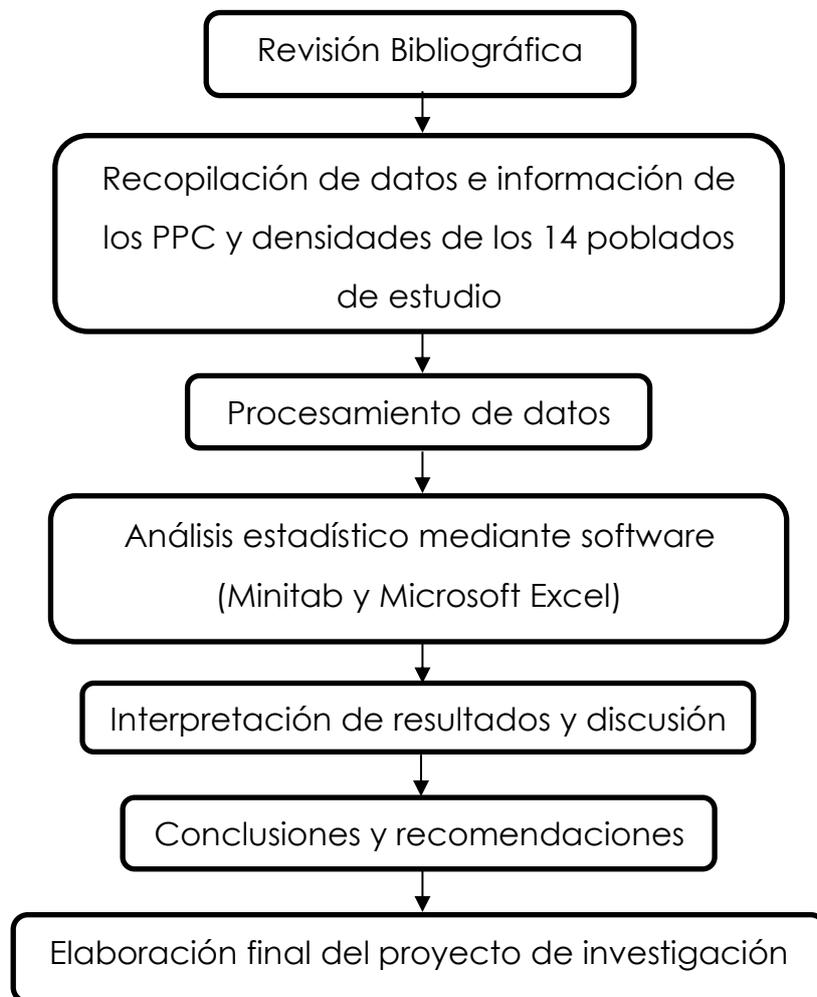


Figura 2. Metodología del proyecto de investigación

La investigación inició con la revisión exhaustiva sobre producción per cápita (PPC) y densidades de los residuos sólidos, para ello se utilizaron plataformas académicas como

ResearchGate, NovaSinergia, Google Academia, repositorios universitarios, artículos científicos y páginas web.

A continuación se procedió con la recopilación de los datos de producción per cápita (PPC) y densidad de los residuos sólidos urbanos bajo la misma metodología Arellano et al., (2012) y Arellano & Cabezas (2014) de los poblados, Riobamba, Chambo, Tena, Baños de Agua Santa, Otavalo, Guamote, Puerto Ayora, Penipe, La Dolorosa de Priorato, Guaranda, Las Naves, Guano, Cevallos y Yaruquíes. Los datos de producción per cápita (PPC) y densidad fueron ordenados por poblados, estratos y por semanas.

Los datos recopilados se manejaron en unidades de kg/hab/día para la producción per cápita y kg/m³ para densidades. Además, los datos se ordenaron de menor a mayor de tamaño de población, fue necesario eliminar los datos atípicos utilizando el diagrama de cajas y bigotes, generado con el software Minitab. Este método permitió identificar y excluir los valores extremos que podrían sesgar los resultados del análisis, garantizando así mayor precisión y confiabilidad de los datos procesados.

Tabla 1. Datos de PPC y Densidades registrados de los 14 poblados del Ecuador.

POBLADOS	DATOS REGISTRADOS	DATOS ATÍPICOS	DATOS ANÁLISIS ESTADÍSTICO
PENIPE	406	7	399
LAS NAVES	357	24	333
CEVALLOS	364	30	334
YARUQUÍES	361	18	343
CHAMBO	315	6	309
GUAMOTE	434	24	410
LA DOLOROSA DE PRIORATO	448	17	431
PUERTO AYORA	518	7	511
GUANO	531	5	526
BAÑOS DE AGUA SANTA	474	13	461
TENA	337	6	331
GUARANDA	686	63	623
OTAVALO	908	18	890
RIOBAMBA	930	64	866
Total	7069	302	6767

Fuente: (Alarcón & Mayanacha, 2024; Arellano et al., 2014; Altamirano, 2024; Cárdenas & Patiño, 2022; Gavilanes & González, 2014; Mejía, 2024; Najera, 2024; Pérez, 2015; Quishpe, 2024; Quezada & Rubio, 2024; Quilumba & Vaca, 2024; Rosales, 2015; Villa, 2023)

Para el análisis de variación de PPC y densidades, se cuentan con información de 14 poblados del Ecuador que fueron levantados bajo una misma metodología durante 7 días en el diferentes años. La metodología es “Enfoque interdisciplinario para la gestión sustentable del agua potable y de los residuos sólidos en Ecuador” (Arellano et al., 2024).

Para determinar la producción per cápita promedio en función del número de habitantes de la vivienda expresadas en kg/hab/día.

$$PPC = \frac{\text{Peso Promedio (Kg)}}{\text{Número de personas}} \quad \text{Ec. 1}$$

Para determinar la Producción Per Cápita ponderada, se usa la siguiente ecuación y representa la distribución socioeconómica.

$$PPC \text{ Ponderado} = \frac{\%A}{100} \cdot PPC_A + \frac{\%B}{100} \cdot PPC_B + \frac{\%C}{100} \cdot PPC_C + \frac{\%D}{100} \cdot PPC_D \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

- **PPC** (Ponderada) expresado en kg/hab/día
- **PPCi**: Producción per cápita promedio de los días muestreados, correspondiente al estrato **i**
- **i**: Estrato socioeconómico (A, B, C y D)
- **%i**: Relación entre cada estrato y la población total expresado en porcentaje

Después de realizar la depuración de los datos, se procedió a elaborar las gráficas de Producción Per Cápita y Densidades de los residuos sólidos mediante el uso del software Microsoft Excel. Estas gráficas incluyeron los correspondientes líneas de tendencia para facilitar la interpretación de los resultados. Posteriormente con el rango de correlaciones de Evans, se analizaron y discutieron las tendencias observadas, destacando los patrones significativos y sus posibles relaciones entre la producción de los residuos sólidos, densidad y la población.

Tabla 2. *Rango de correlación de Evans.*

Rango del valor R	Relación
0 a 0.1	Correlación débil
0.1 a 0.5	Correlación media
0.5 a 0.75	Correlación considerable
0.75 a 0.9	Correlación muy fuerte
0.9 a 1	Correlación perfecta

Fuente: (Hernández Sampieri et al., 2014)

El rango de correlaciones de Evans es usado para interpretar la fuerza de correlación entre dos variables, este rango clasifica las correlación en diferentes niveles como se muestra en la **Tabla 2**.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN PER CÁPITA (PPC) DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

La **Tabla 3** representa la Producción Per Cápita de los residuos sólidos, se eliminaron los valores atípicos, organizados en forma ascendente según el tamaño de la población y estos resultados fueron calculados con la ecuación 1 y 2.

Tabla 3. *Producción Per Cápita de los residuos sólidos de los 14 poblados*

POBLADOS	NUMERO DE HABITANTES	PPC (kg/hab/día)				PPC PONDERADA
		A	B	C	D	
PENIPE	1228	-	0.30	0.45	0.34	0.39
LAS NAVES	1984	0.69	0.40	0.50	0.50	0.45
CEVALLOS	2501	0.65	0.59	0.61	0.67	0.62
YARUQUIES	2749	-	0.33	0.27	0.43	0.31
CHAMBO	4639	0.52	0.31	0.33	0.31	0.32
GUAMOTE	7000	0.48	0.48	0.46	0.50	0.48
LA DOLOROSA DE PRIORATO	9643	0.49	0.54	0.40	0.40	0.42
PUERTO AYORA	12696	-	0.56	0.57	0.55	0.56
GUANO	13576	0.61	0.64	0.58	0.56	0.60
BAÑOS DE AGUA SANTA	13619	0.51	0.52	0.51	0.45	0.50
TENA	23307	0.61	0.64	0.56	0.51	0.58
GUARANDA	25000	-	0.48	0.60	0.61	0.58
OTAVALO	44536	0.51	0.67	0.55	0.66	0.63
RIOBAMBA	146324	0.56	0.62	0.43	0.50	0.57

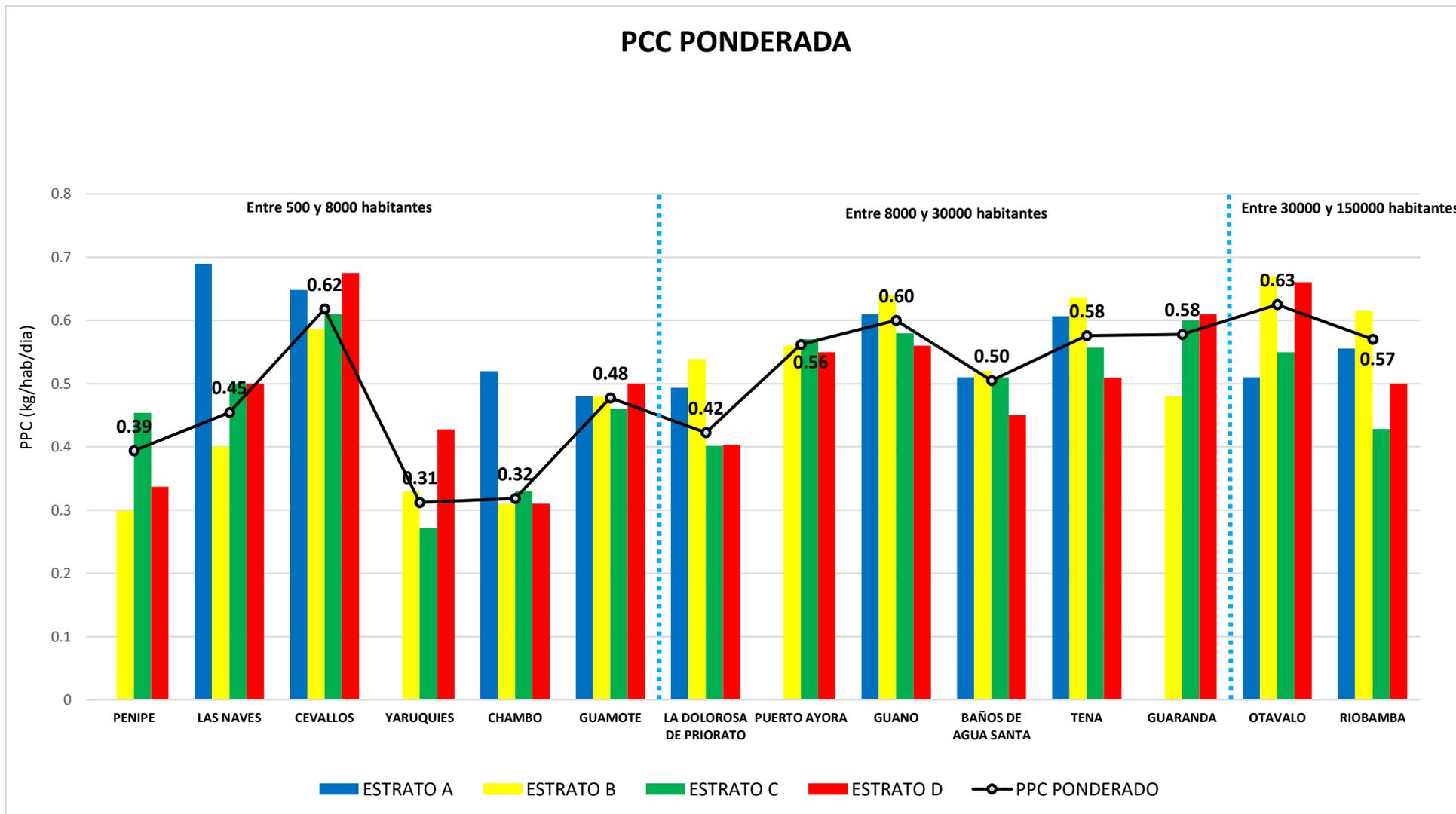


Figura 3. PPC promedio y ponderada de los residuos sólidos de 14 poblados del Ecuador

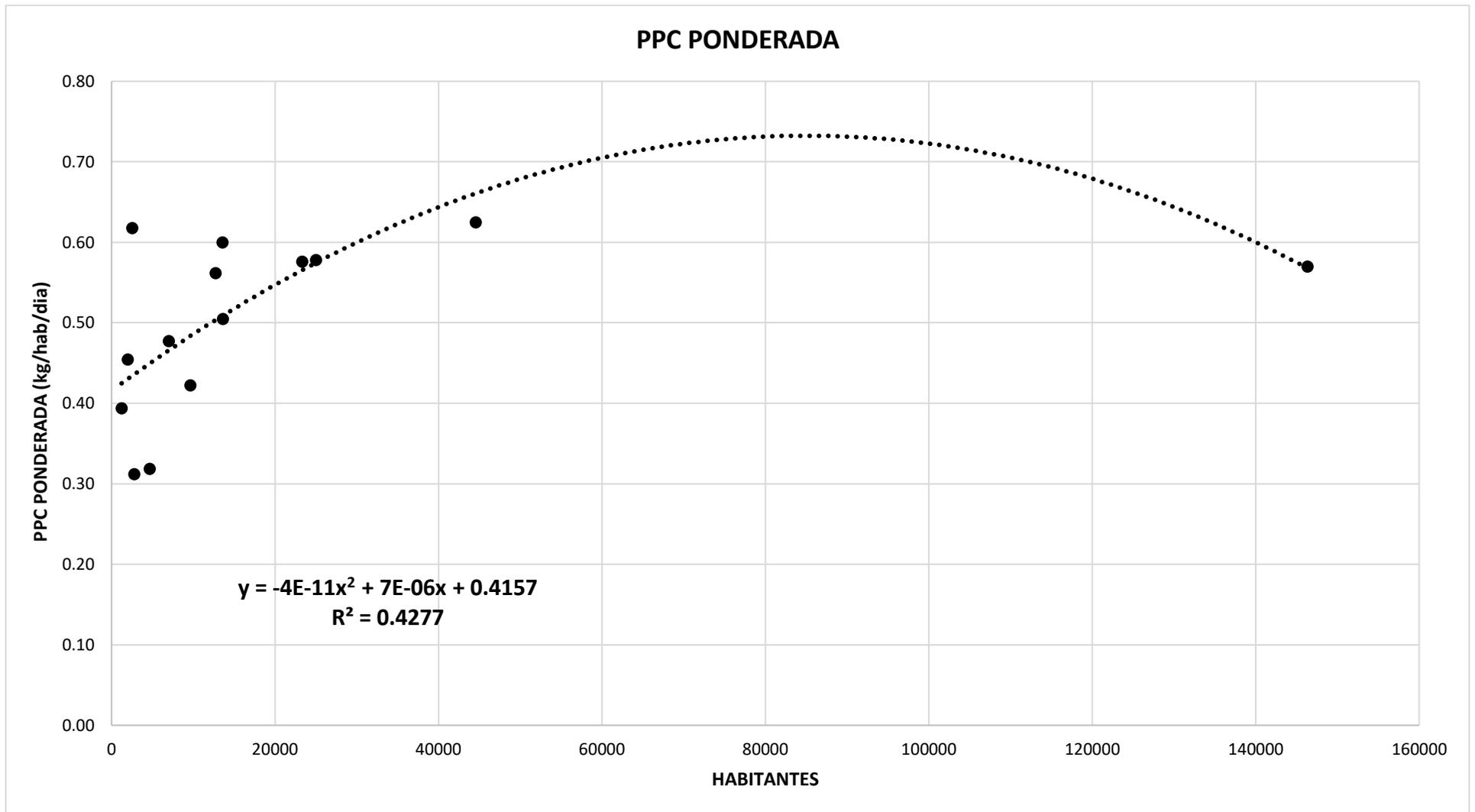


Figura 4. PPC ponderada de los residuos sólidos de 14 poblados

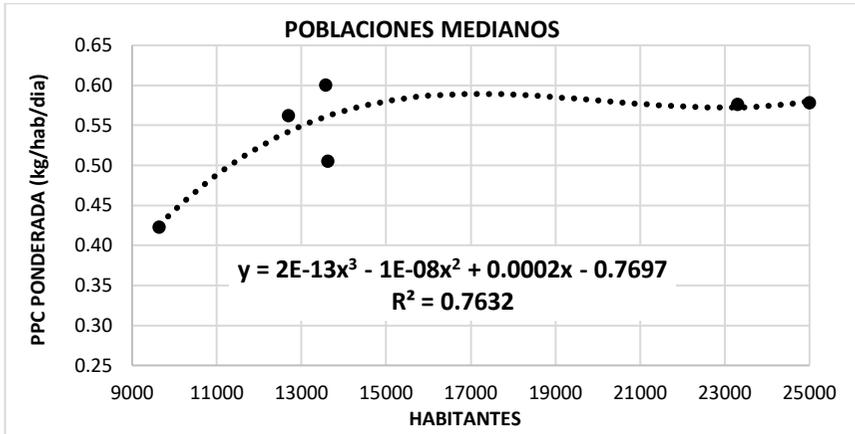


Figura 5. PPC ponderada de los poblados medianos

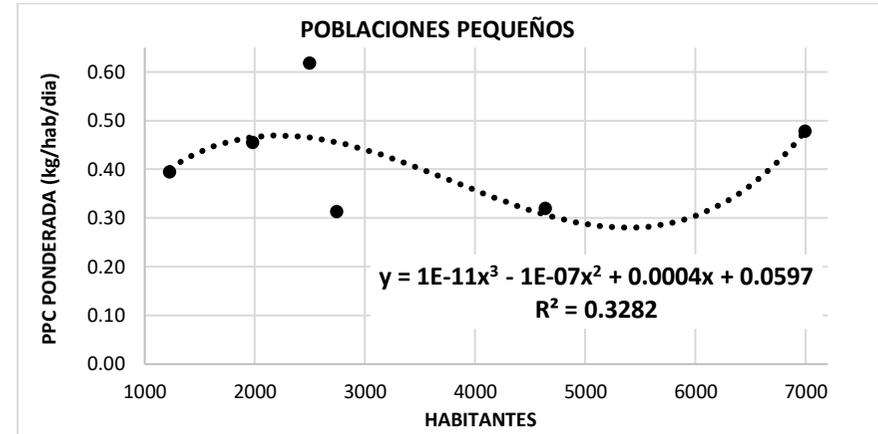


Figura 6. PPC ponderada de los poblados pequeños.

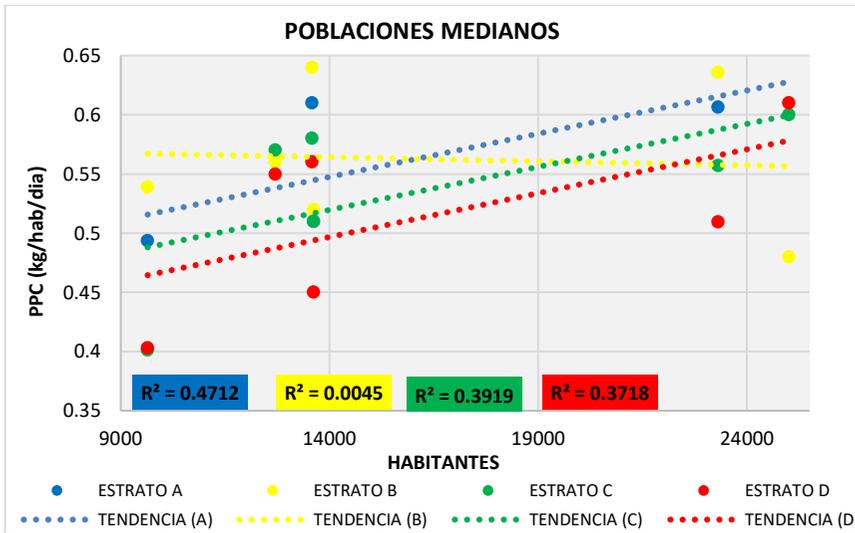


Figura 7. PPC de los poblados medianos

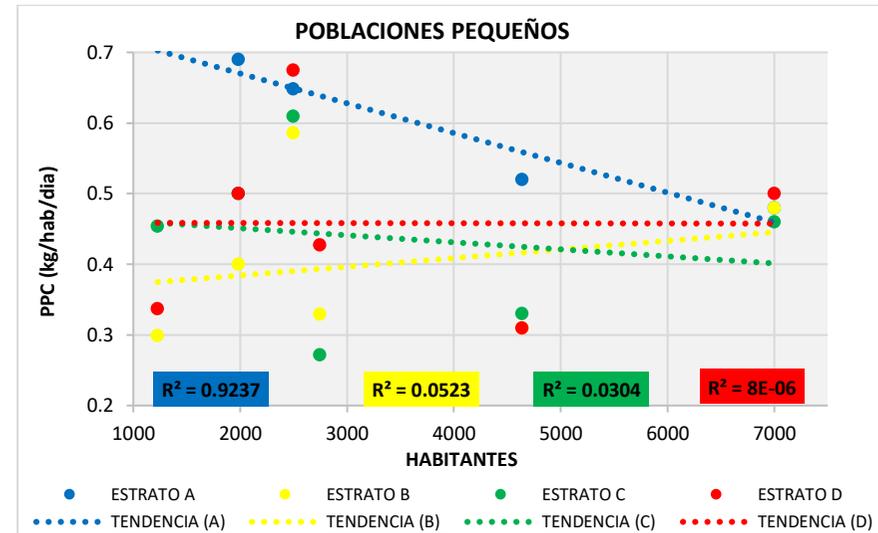


Figura 8. PPC de los poblados pequeños

Tabla 4. Modelos y correlaciones de producción per cápita de los residuos sólidos

Rango	Número de Habitantes	R	Relación	Ecuación	
General	0 - 150000	0.6539	Correlación considerable	$y(x) = -4 \cdot 10^{-11}x^2 + 7 \cdot 10^{-6}x + 0.4157$	Ec. 3
1	0 - 500	-	-	-	
2	500 - 8000	0.5728	Correlación considerable	$y(x) = 1 \cdot 10^{-11}x^3 - 1 \cdot 10^{-7}x^2 + 0.0004x + 0.0597$	Ec. 4
3	8000 - 30000	0.8736	Correlación muy fuerte	$y(x) = 2 \cdot 10^{-13}x^3 - 1 \cdot 10^{-8}x^2 + 0.0002x - 0.7697$	Ec. 5
4	30000 - 150000	-	-	-	

La **Figura 3** muestra la producción per cápita ponderada de los residuos sólidos de los 14 poblados de estudio ordenados de menor a mayor y dividida en 3 categorías según el tamaño de población. La primera catalogaría corresponde a la población pequeña comprendida entre 500 y 8,000 habitantes. La segunda categorías representa a la población mediana con rango de 8,000 y 30,000 habitantes, mientras la última categoría representa a la población grande con 30,000 y 150,000 habitantes. La clasificación se realizó de acuerdo con la metodología de Arellano et al. (2024).

Contrastando la producción per cápita de los residuos sólidos de la **Figura 3** con la bibliografía, según la información de INEC (2022) la media de producción per cápita de los residuos sólidos es de 0.9 kg/hab/día, toda la población de estudio están por debajo de la información presentada por INEC. También se debe recalcar que en la información presentada por el INEC no menciona el tamaño de la muestra o la metodología empleada. Por otra parte, según Solíz Torres et al. (2020) la producción per cápita a nivel nacional es de 0.6 kg/hab/día. Los poblados de Cevallos y Otavalo presentan valores superiores a esta cifra, mientras que Guaranda y Tena tienen una producción per cápita ligeramente inferior a la sugerida por Solíz Torres et al. (2020). Guano es el único poblado que coincide exactamente con el valor.

En la **Figura 4**, los poblados fueron ordenados de menor a mayor, representando a la población en el eje X y la Producción Per Cápita ponderada en el eje Y. El análisis muestra un ajuste polinómica de segundo grado cóncava, lo que se sugiere que a medida que crece la población también lo hace el PPC ponderada hasta un cierto punto y que pueden existir nuevos rangos. El coeficiente de determinación es de $R^2 = 0.4277$ y coeficiente de

correlación $R= 0.6539$ sugiere que la relación es considerable, de acuerdo con el rango de Evans de la **Tabla 2**.

Contrastando los resultados de la **Figura 4** con Flores, Rodríguez y Llanos (2012), donde realizaron un estudio a 8 macro distritos de la ciudad de la Paz, Bolivia. Utilizaron una serie de datos históricos desde 2001 hasta 2010 sobre la población y la producción de residuos sólidos. Los resultados obtenidos muestran una tendencia lineal positiva con el coeficiente de determinación de $R^2= 0.5431$. En ambos estudios existe la relación entre la población y la producción de los residuos sólidos. El autor menciona que otros factores como los hábitos del consumo, niveles socioeconómicos y las infraestructuras de manejo de residuos sólidos influyen significativamente.

La **Figura 5** representa la población mediana que comprende entre 8,000 y 30,000 habitantes. Como resultado, se obtuvo un ajuste polinómico de tercer grado, de forma cóncava y asimétrica, con un coeficiente de determinación de $R^2= 0.7632$ y coeficiente de correlación de $R= 0.8736$. De acuerdo con la **Tabla 2**, este valor indica una correlación muy fuerte, por lo que el modelo podría ser utilizado para la predicción de escenarios.

La curva tiene un leve cambio de concavidad, es posible que exista un nuevo rango entre la población mediana y grande. Sin embargo, debido a la falta de datos para la población grande no se puede afirmar.

Al contrastar los resultados de la **Figura 5** con la bibliografía, Ceballos y Flores (2023) realizaron un estudio sobre la relación entre la generación de residuos sólidos urbanos municipales y diversas variables socioeconómicas en las 32 entidades federativas de México. En su investigación, los autores concluyeron que existe una relación directamente proporcional entre la producción de residuos sólidos, la población y el nivel educativo. Esto sugiere que dicha relación se intensifica en zonas urbanas con una mayor proporción de personas con alto nivel académico. Las personas con mayor nivel educativo, al contar con una mayor capacidad adquisitiva, tienden a consumir más, lo que contribuye al incremento en la generación de residuos sólidos.

En el análisis correspondiente a las poblaciones pequeñas, comprendidas entre 500 y 8,000 habitantes de la **Figura 6**, se observa un ajuste mediante un polinomio de tercer grado que presenta un cambio de concavidad, pasando de cóncava a convexa. El coeficiente de

determinación de $R^2= 0.3282$ y coeficiente de correlación de $R= 0.5728$, según la **Tabla 2**, indica una correlación considerable. Por lo tanto, este modelo se puede utilizar para predecir el PPC. Cabe destacar que, en poblaciones pequeñas, existe una relación directa entre el PPC ponderada y la población, aunque esta relación se mantiene solo hasta cierto punto.

Arellano et, al. (2024) menciona que la producción per cápita de los residuos sólidos puede ser analizada como el consumo per cápita de agua potable. Además, establece rangos de poblaciones para el análisis per cápita de agua potable que se aplicó para esa investigación. Analizando el cambio de concavidad de la **Figura 6**, se observa un comportamiento diferente entre la población y la producción per cápita de los residuos sólidos, lo que sugiere que podría existir un rango más adecuado dividido en dos segmentos para poblaciones de 500 a 5,500 habitantes aproximadamente y otro para poblaciones de 5,500 a 8,000 habitantes. En este contexto, el rango propuesto por Arellano et, al. (2024) podría no ser aplicable para los residuos sólidos. Debido a que la población pequeña tiene pocos datos no se puede afirmar con certeza, lo que sugiere una futura investigación que valide y ajuste los rangos establecidos.

La **Figura 7** muestra que existe una relación lineal positiva entre la población y la producción per cápita de los residuos sólidos urbanos para los estratos A, C y D. Las tendencias lineales positivas sugieren que a medida que crece la población, también lo hace la producción de los residuos sólidos. Esto queda evidenciado por los coeficientes de determinación obtenidos de $R^2= 0.4712$, $R^2= 0.3919$ y $R^2= 0.3718$, y coeficiente de correlación de $R= 0.6864$, $R= 0.6255$ y $R= 0.6097$, según el rango de correlaciones de Evans de la **Tabla 2** corresponde a una correlación considerable. Mientras tanto, para el estrato B la población no es un factor determinante en la variabilidad de PPC, se sugiere que otros factores influyen mucho más en la generación de los residuos sólidos. Estas tendencias resaltan la importancia de analizar los estratos de forma diferenciada para comprender mejor los aspectos socioeconómicos de cada población.

Al analizar la **Figura 7**, se observa que los estratos A, C y D presentan una relación entre la población y la producción de residuos sólidos. Este comportamiento coincide con los hallazgos de Cobos y Huang (2022), quienes señalan que en poblaciones de tamaño mediano a grande existe una relación directa entre el crecimiento poblacional y la generación

de residuos sólidos, debido a que en estas zonas urbanas el aumento de la población está asociado a un mayor nivel de consumo.

Sin embargo, no coinciden con los hallazgos de Loyola (2018), el autor realizó un análisis sobre la producción de los residuos sólidos del período comprendido entre el 2013 al 2018 en el cantón Azogues. Concluye que no existe variación estadística significativa en la producción per cápita a pesar de que en el cantón se presentó un incremento de población, y menciona que esto se debe a los programas y medidas de reciclaje que la municipalidad implementó en el transcurso de ese tiempo. En ambos casos se muestra que no siempre la producción de los residuos sólidos crece en relación proporcional con la población, lo que sugiere que, además, de los programas implementados por los municipios, existen otros factores a considerar en la producción de los residuos sólidos. Estos factores pueden incluir a las costumbres, actividades socioeconómicas, demografía y gestión como lo mencionan Arellano et al. (2024) y Sánchez (2019).

La **Figura 8** muestra el análisis de las poblaciones pequeñas por estratos, evidenciando comportamientos variados entre la población y el PPC de los residuos sólidos urbanos.

Para el estrato A, se obtuvo un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.9237$ y coeficiente de correlación $R = 0.9611$, con una tendencia lineal negativa. De acuerdo con la clasificación de Evans presentada en la **Tabla 2**, este valor corresponde a una correlación perfecta.

Este resultado sugiere que cuando crece la población la producción per cápita de los residuos sólidos disminuye. Se sugiere que esta tendencia negativa se debe a buenas prácticas y aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos. Por otro lado, en los estratos B, C y D se obtuvieron coeficientes de determinación de $R^2 = 0.0523$, $R^2 = 0.0304$ y $R^2 = 8E-06$, y coeficiente de correlación de $R = 0.2286$, $R = 0.1743$ y $R = 0.0028$ respectivamente. Estos valores evidencian una correlación débil y media, lo que indica que, en poblaciones pequeñas, la cantidad de habitantes no influye de manera relevante en la producción per cápita de residuos sólidos urbanos.

En los resultados mostrados en la **Figura 8**, se observa que en las poblaciones pequeñas correspondientes a los estratos B, C y D existe una ligera relación entre la población y la producción de residuos sólidos; sin embargo, dicha relación presenta una correlación débil, por lo que no es adecuada para la simulación de escenarios. En contraste, el estrato A

muestra una tendencia lineal negativa con una correlación casi perfecta, lo que sugiere que la producción de residuos sólidos es inversamente proporcional al tamaño de la población en ese estrato.

Estos resultados no coinciden con el estudio realizado por Gonzales y Medina (2014)₂ en los poblados pequeños del estado de Veracruz, México. Los autores mencionan que existe relación directamente proporcional entre los poblados pequeños de Veracruz y la producción de los residuos sólidos en los estratos socioeconómicos altos. Además, mencionan que los estratos socioeconómicos altos tienen grandes jardines o áreas verdes lo que genera mayor cantidad de residuos sólidos.

Arellano et al. (2024) menciona que las poblaciones pequeñas que tienen como actividades económica el comercio, agricultura y ganadería generan menor cantidad de residuos sólidos, debido a que las poblaciones pequeñas realizan actividades comerciales entre poblados medianos y grandes.

Yuquilema (2020) señala que en las ciudades pequeñas se cocina entre tres y cuatro veces al día, a diferencia de las ciudades medianas y grandes, donde la frecuencia es de dos a tres veces diarias. Esto se debe a que, en las ciudades pequeñas, las distancias entre los hogares y los lugares de trabajo son más cortas, lo que permite a los habitantes regresar a sus viviendas para comer, lo que a su vez contribuye a una mayor generación de residuos sólidos.

Los cuatro autores ofrecen situaciones diferentes, lo que reflejan como las características socioeconómicas y las actividades de los habitantes influyen en la generación de los residuos sólidos.

4.2 ANÁLISIS DE LA DENSIDAD DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

De la misma manera al análisis realizado con el PPC, en la **Tabla 5** se muestra los resultados de las densidades sin los datos atípicos correspondientes a 14 poblados de análisis. Los datos fueron organizados en forma ascendente según el tamaño de la población, lo que permite observar patrones entre los poblados proporcionando información para el análisis y discusiones.

Tabla 5. Densidades promedios y ponderadas de los 14 poblados de estudio

POBLADOS	NÚMERO DE HABITANTES	DENSIDAD (kg/m ³)				DENSIDAD PONDERADA
		A	B	C	D	
PENIPE	1228.00	-	130.30	202.70	236.80	212.48
LAS NAVES	1984.00	286.90	277.90	217.00	220.90	263.75
CEVALLOS	2501.00	132.73	136.26	206.10	311.30	210.86
YARUQUIES	2749.00	-	132.80	182.50	117.90	157.90
CHAMBO	4639.00	144.47	150.05	165.19	203.03	156.11
GUAMOTE	7000.00	134.53	131.50	205.80	283.00	205.50
LA DOLOROSA DE PRIORATO	9643.00	213.40	222.90	263.93	287.70	266.93
PUERTO AYORA	12696.00	-	104.10	240.30	194.90	200.58
GUANO	13576.00	125.53	208.70	262.80	210.80	234.16
BAÑOS DE AGUA SANTA	13619.00	142.76	181.50	212.10	214.10	201.56
TENA	23307.00	142.35	195.96	186.96	218.08	190.74
GUARANDA	25000.00	-	130.10	202.56	180.00	186.57
OTAVALO	44536.00	142.76	181.50	212.10	214.10	192.36
RIOBAMBA	146324.00	191.36	251.80	190.60	234.00	233.02

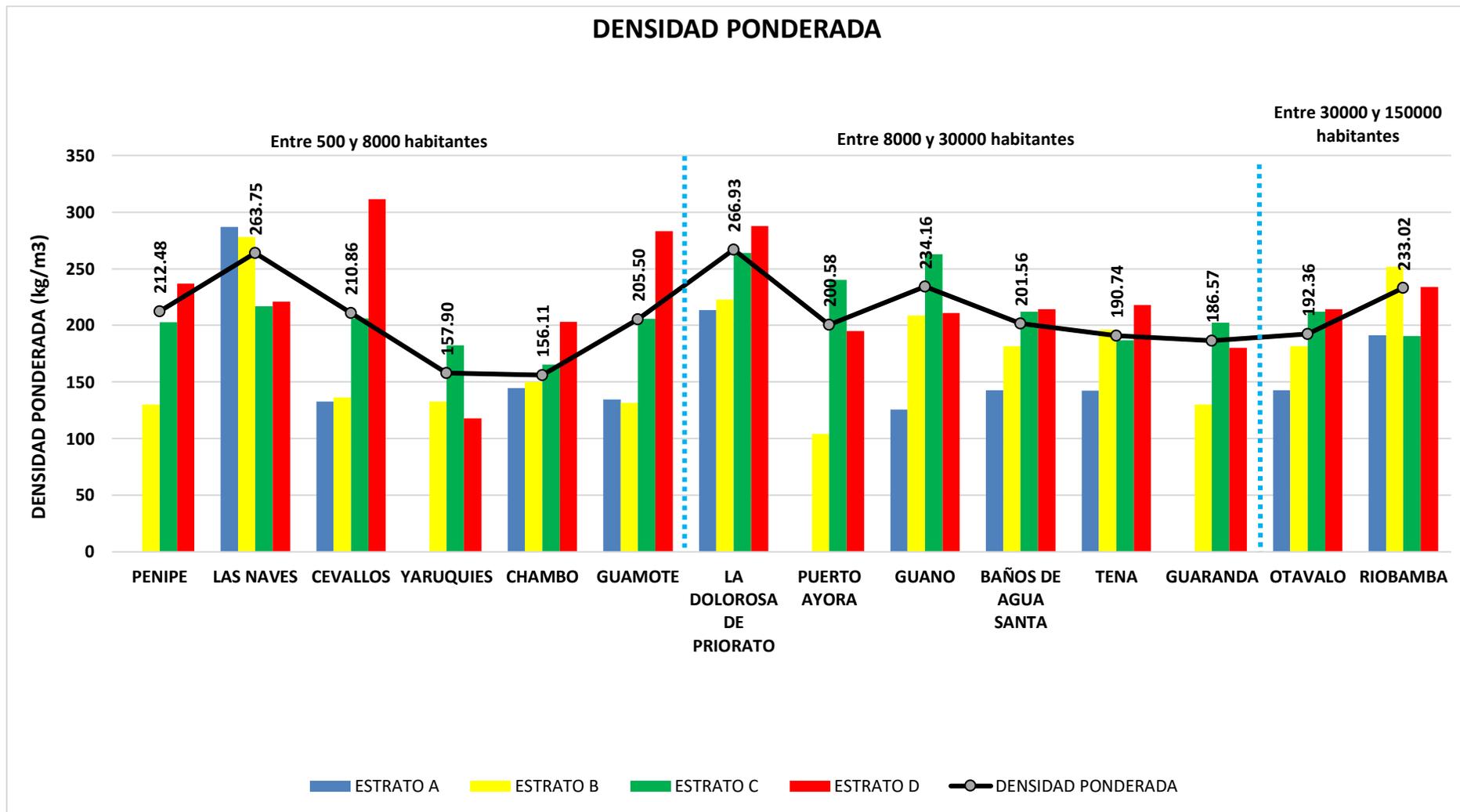


Figura 9. Densidad promedio y ponderada de los residuos sólidos de 14 poblados del Ecuador

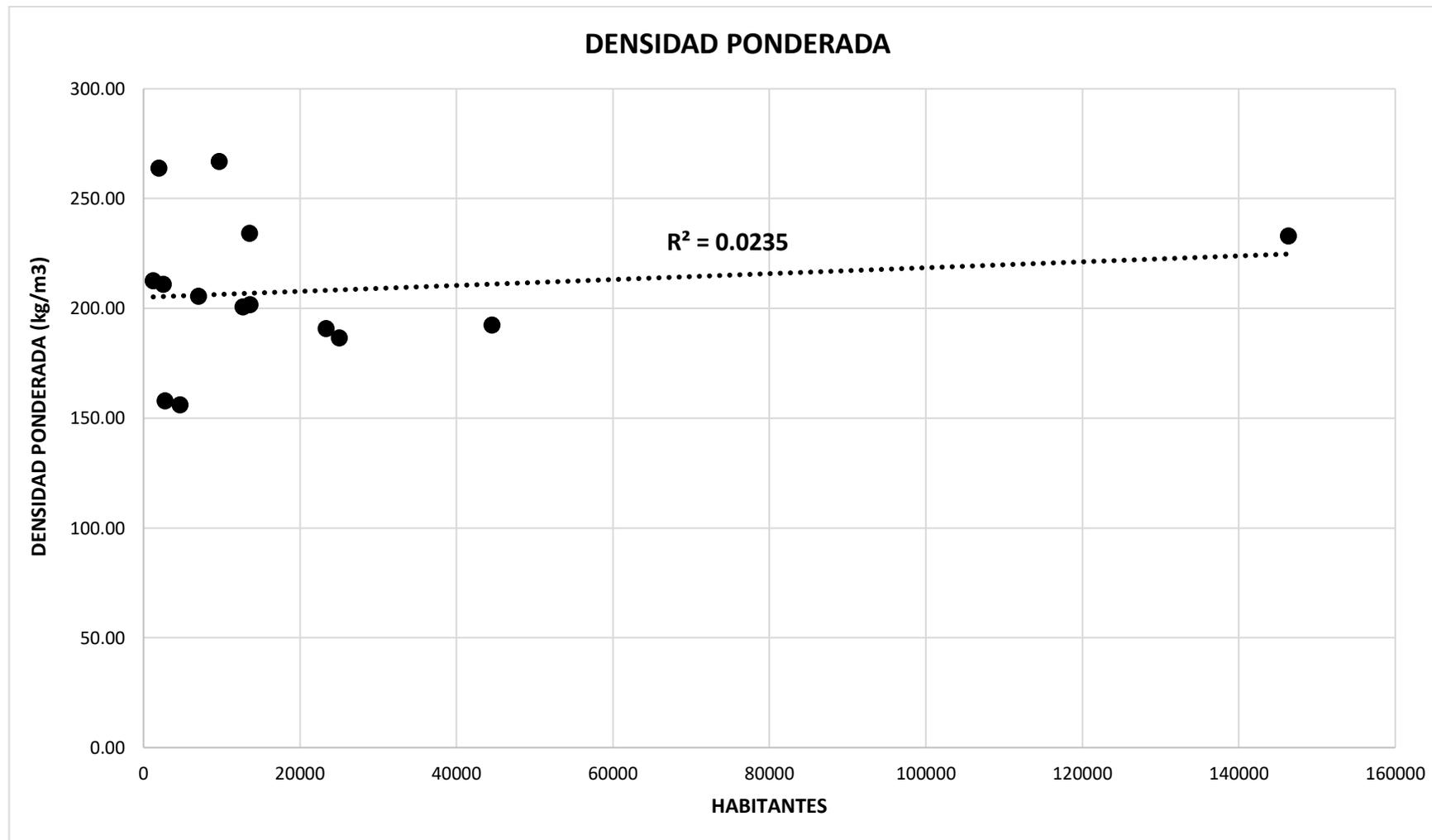


Figura 10. *Densidad ponderada de los residuos sólidos de 14 poblados*

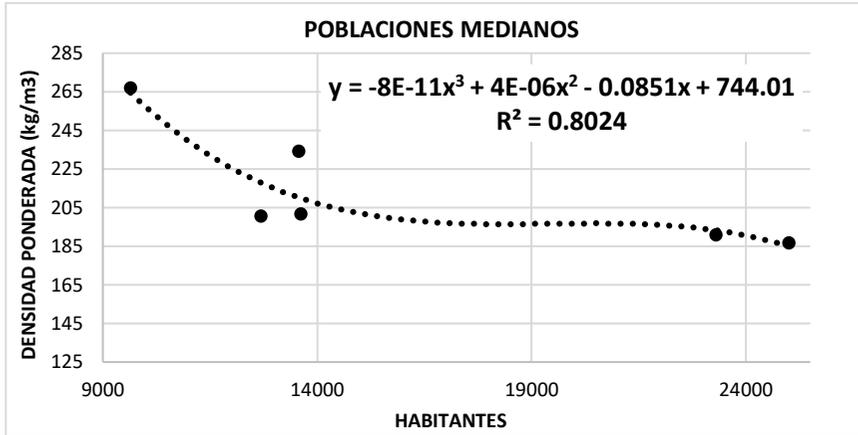


Figura 11. Densidad ponderada de los poblados medianos

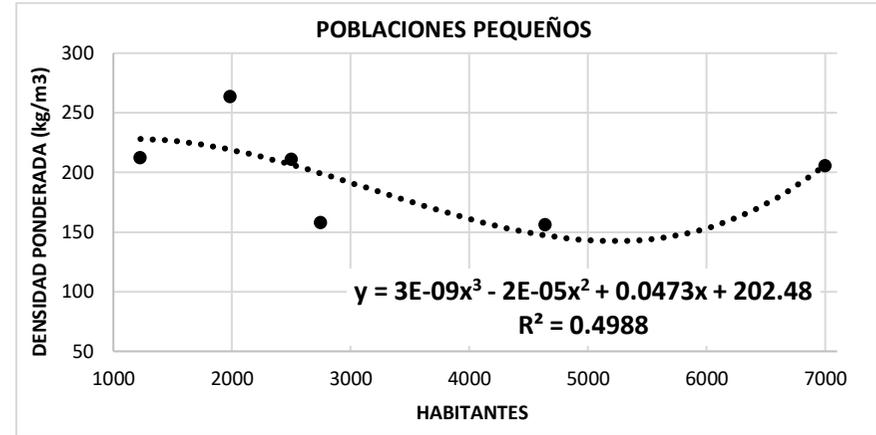


Figura 12. Densidad ponderada de los poblados pequeños

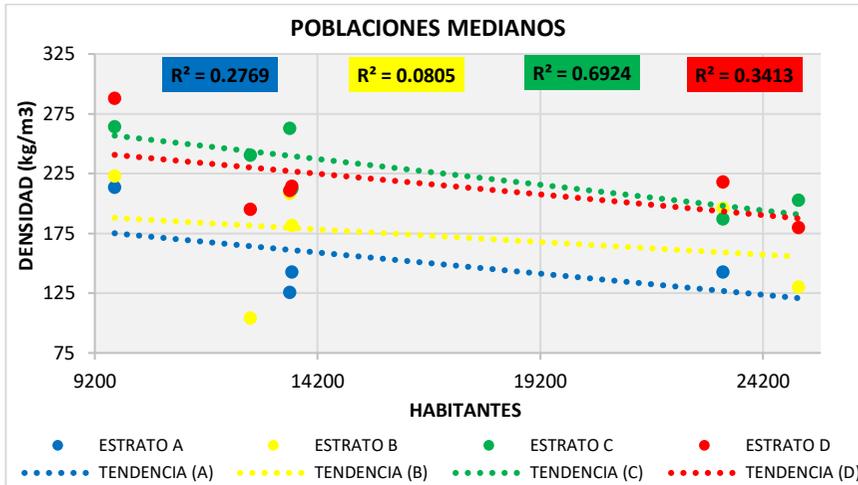


Figura 13. Densidad de los poblados medianos

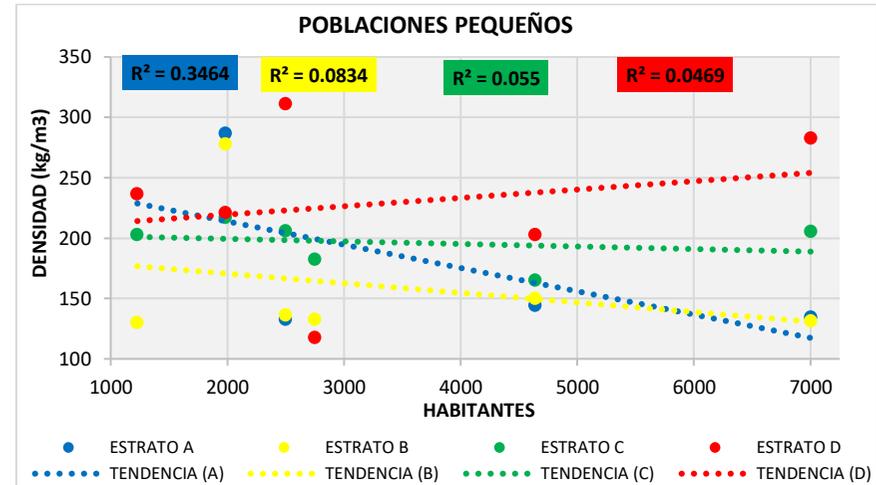


Figura 14. Densidad de los poblados pequeños

Tabla 6. Modelos y correlaciones de densidad de los residuos sólidos

Rango	Número de Habitantes	R	Relación	Ecuación
General	0 - 150000	0.0721	Correlación débil	-
1	0 - 500	-	-	-
2	500 - 8000	0.7062	Correlación considerable	$y(x) = 3 \cdot 10^{-9}x^3 - 2 \cdot 10^{-5}x^2 + 0.0473x + 202.48$ Ec. 6
3	8000 - 30000	0.8957	Correlación muy fuerte	$y(x) = -8 \cdot 10^{-11}x^3 + 4 \cdot 10^{-6}x^2 + 0.0851x - 744.01$ Ec. 7
4	30000 - 150000	-	-	-

La **Figura 9** muestra la densidad de los residuos sólidos urbanos de los 14 poblados de estudio, la población fue ordenada de menor a mayor según el tamaño de la población. La población se dividió en 3 grupos de acuerdo con la metodología de Arellano et al. (2024). La primera categoría corresponde a poblaciones pequeñas, con un rango de entre 500 y 8,000 habitantes. La segunda categoría incluye poblaciones medianas, con entre 8,000 y 30,000 habitantes. Finalmente, la tercera categoría abarca poblaciones grandes, con un rango de 30,000 a 150,000 habitantes.

Analizando la **Figura 9**, se observa que los poblados grandes no necesariamente presentan mayor densidad de los residuos sólidos urbanos. Por ejemplo, Las naves con 1,984 habitantes tiene una densidad de 263.755 kg/m³ en comparación con Riobamba que cuenta con 146,324 habitantes y una densidad de 233.02 kg/m³. Este contraste evidencia como los poblados pequeños pueden concentrar los residuos sólidos en zona pequeñas, probablemente se deba a factores que limiten la gestión de los residuos sólidos como la falta de infraestructuras y programas de reciclaje, lo que aumentan su densidad en comparación con poblados grandes. Los residuos sólidos orgánicos suelen ser más abundantes o masivos en poblados pequeños, estos son provenientes de restos de comida el cual tiene conexión con las actividades económicas de poblaciones pequeñas.

Como lo menciona Chalacán (2023), los poblados pequeños suelen tener mayor acceso a alimentos frescos y sin procesar, lo que se traduce en una mayor proporción de los residuos orgánicos, como cáscaras, restos de comida, frutas y vegetales. En cambio las ciudades

grandes tienden a consumir los productos industrializados, las cuales vienen en envases o envolturas, incrementando la proporción de los residuos inorgánicos.

La **Figura 10** muestra el análisis de densidad ponderada de los 14 poblados en estudio, el cual presenta una tendencia lineal con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.0235$ y coeficiente de correlación $R = 0.1532$. Según el rango de Evans, este valor indica una correlación media. Es decir, no existe ninguna relación entre la densidad ponderada y la población. Aunque la tendencia lineal es positiva, el incremento es tan leve que resulta imperceptible, el leve incremento observado puede dar una idea de que a medida que la población crece, la densidad tiende a aumentar.

En los resultados de la **Figura 10**, no se observó ninguna correlación significativa entre los 14 poblados en estudio. Por lo tanto, la **Figura 11** presenta el análisis de densidad ponderada de las poblaciones medianas, que comprenden entre 8,000 y 30,000 habitantes. El ajuste polinómico obtenido es de tercer grado, con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.8024$ y coeficiente de correlación de $R = 0.8957$, según el rango de Evans, indica una correlación muy fuerte. La curva resultante muestra un leve cambio de concavidad, casi imperceptible. Es posible que exista un nuevo rango entre las poblaciones medianas y grandes, aunque, debido a la falta de suficientes datos de poblaciones grandes, no se puede confirmar. Al comparar brevemente el PPC ponderada de la **Figura 5** con la densidad ponderada de la **Figura 11**, se observa que ambas son inversamente proporcionales hasta un cierto punto.

En los resultados de la **Figura 11**, se observa que la densidad es inversamente proporcional a la población, un hallazgo que coincide con la investigación de Armijo et al. (2010). En su estudio realizado en la Ciudad de México, se constató que la densidad era mayor en los poblados más pequeños, a pesar de que la producción per cápita de residuos era similar entre diferentes localidades. Además, el autor señaló que la densidad y la producción de residuos sólidos estaban inversamente relacionadas, lo que respalda nuestro análisis de las **Figura 5** y **Figura 11**.

La **Figura 12** presenta un ajuste polinómico de tercer grado entre la población y la densidad ponderada de los residuos sólidos urbanos para poblaciones pequeñas. El coeficiente de determinación obtenido es $R^2 = 0.4988$ y coeficiente de correlación de $R = 0.7062$, según el rango de correlaciones de Evans, indica una correlación considerable. Esto sugiere que, a medida que crece la población, la densidad ponderada disminuye hasta cierto punto, debido

a un cambio de concavidad en la curva. Al igual que en el análisis del PPC ponderada de la **Figura 6**, para la densidad ponderada también se obtiene una curva polinómica de tercer grado, que presenta un cambio de concavidad alrededor de los 5,500 habitantes. Este comportamiento sugiere la posibilidad de la existencia de dos rangos para poblaciones pequeñas; sin embargo, debido a la falta de datos suficientes, no se puede confirmar esta hipótesis.

En la **Figura 13** muestra tendencias lineales negativas para los estratos A, B, C y D en poblaciones medianas. El estrato C tiene una correlación muy fuerte con coeficiente de determinación de $R^2= 0.692$ y coeficiente de correlación de $R= 0.8318$ lo que sugiere que cuando crece la población la densidad del estrato D disminuye.

Para el estratos A y D, la correlación es considerable con coeficiente de determinación $R^2= 0.2769$ y $R^2= 0.3413$, y coeficiente de correlación de $R= 0.5262$ y $R= 0.5842$ respectivamente. Ambos presentan tendencias lineales negativas, lo que sugiere que podrían utilizar para predecir la densidad de los residuos sólidos.

El estrato B con coeficiente de determinación de $R^2= 0.0805$ y coeficiente de correlación de $R= 0.2837$ tiene una correlación media, lo que sugiere que no existe relación entre la población y la densidad de los residuos sólidos.

La **Figura 13** muestra que los todos los estratos presentan una tendencia lineal negativa, contrastando con la bibliografía, Loyola (2018) realizó un análisis de producción per cápita y densidades de los residuos sólidos generados del 2013 al 2018 en el cantón Azogues. Los resultados mostraron una disminución de densidad pasando de 236.7176 kg/m³ a 189.7901 kg/m³ respectivamente. La producción per cápita de los residuos sólidos no mostró diferencia estadísticamente significativa, a pesar de que el cantón experimentó un aumento de población durante este periodo, el autor menciona que estos resultados se deben a que las autoridades municipales implementaron programas y medidas de reciclaje. Lo que sugiere que la implementación de programas en la recolección, separación y reciclaje podrían facilitar la gestión de los residuos sólidos, reduciendo su concentración y aumentando la eficiencia del proceso de disposición final.

Para la población pequeña de la **Figura 14**, los estratos B y C muestra correlación media, con el coeficiente de determinación $R^2= 0.0834$ y $R^2= 0.055$, y coeficiente de correlación

de $R= 0.2887$ y $R= 0.2345$ respectivamente. Las tendencias observadas para los estratos B y C es lineal negativa. Lo que sugiere que los estratos B y C no tienen una relación significativa entre la población y densidad de los residuos sólidos.

El estrato A, con el coeficiente de determinación $R^2= 0.3464$ y coeficiente de correlación de $R= 0.5885$, muestra una correlación considerable según el rango de correlaciones de Evans, además presenta una tendencia lineal negativa lo que sugiere que en el estrato A, a medida que la población crece la densidad de los residuos sólidos disminuye. Sin embargo, aunque existe una correlación considerable se puede utilizar para predecir densidades.

En el estrato D, mostrado en la **Figura 14**, se observa una leve tendencia positiva, lo que indica que a medida que la población aumenta, la densidad también tiende a incrementarse. Sin embargo, el coeficiente de determinación obtenido es $R^2= 0.0469$ y coeficiente de correlación de $R= 0.2165$ lo que refleja una correlación media. Por esta razón, el modelo no es adecuado para la predicción de escenarios.

En la **Figura 14** se observa que el estrato A tiene una correlación media negativa, lo cual no contrasta con los hallazgos de Gonzales y Medina (2014) en su estudio realizado en el estado de Veracruz, México. En este estudio se observó que la densidad era mayor en los poblados más pequeños con estrato socioeconómico más alto, los autores mencionan que se debe a que los estratos socioeconómicos altos tienen jardines o áreas verdes en sus viviendas lo que genera más residuos sólidos orgánicos. Es decir que cuando crece la población, la densidad de los residuos sólidos disminuye, esto da entender que las poblaciones grandes tienen más o mejores infraestructuras de los residuos sólidos (Chalacán, 2023).

Tabla 7. Rangos propuestos para el análisis de los residuos sólidos urbanos

Propuestos por Arellano et al. (2024)		Propuestos por Roldan (2025)	
Rango demográfico (Habitantes)		Rango demográfico (Habitantes)	
menores de 500	Muy pequeños	menores de 500	Muy pequeños
entre 500 y 8000	Pequeños	entre 500 y 5500	Pequeños
entre 8000 y 30000	Medianos	entre 5500 y 8000	Pequeños - Medianos
entre 30000 y 150000	Grandes	entre 8000 y 30000	Medianos
mayores a 150000	Muy grandes	entre 30000 y 150000	Grandes
		mayores a 150000	Muy grandes

Nota: Los rangos de la **Tabla 7** presentados son propuestos en base a los resultados obtenidos en esta investigación, y se sugiere su confirmación y ajuste en futuras investigaciones para validar su aplicación.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se identificaron variaciones en la producción per cápita y densidad de residuos sólidos urbanos entre los estratos socioeconómicos de las poblaciones pequeñas y medianas. En las poblaciones pequeñas, los estratos A, C y D tuvieron tendencias positivas en PPC, mientras que el estrato B mostró una leve tendencia negativa. En densidad, la mayoría de los estratos presentaron tendencias negativas. En poblaciones medianas, las tendencias fueron mixtas.
- Al analizar los 14 poblados, el modelo no mostro relación entre el PPC y la población, lo que llevó a segmentar las poblaciones por tamaño. En las poblaciones pequeñas, no se observó una relación clara entre la PPC y la población, aunque se identificó un cambio de concavidad en la curva de PPC y densidad cerca de los 5500 habitantes. En las poblaciones medianas, se encontró una relación más clara, lo que permitió predecir con mayor precisión la producción per cápita y densidad de residuos sólidos.
- En el análisis de las poblaciones por tamaño, se observó que, en las poblaciones medianas, los modelos presentaron una relación fuerte, lo que indica que la producción per cápita y densidad son estadísticamente significativas. En las poblaciones pequeñas, el ajuste fue más moderado, lo que sugiere que, existe mayor incertidumbre y la relación no es tan clara. En general, las variaciones son evidentes, siendo los resultados más confiables en las poblaciones medianas, mientras que en las pequeñas se requieren más datos para realizar un análisis más confiable.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar políticas basados en el reciclaje y reutilización para fomentar una gestión más eficiente de los residuos sólidos, estas políticas deben estar acompañados de programas de educación ambiental lo que ayudara a crear una cultura de responsabilidad y conciencia en la población.
- Se sugiere utilizar la ecuación obtenida para poblaciones medianas, ya que presentan una correlación fuerte, ya que puede facilitar predicciones más confiables en este tipo de poblados. Además, se recomienda utilizar el valor de PPC reportado por Solíz Torres et al. (2020) como referencia, ya que este valor se asemeja a los PPC de los poblados de estudio.
- Se recomienda realizar un estudio en el futuro enfocado en las poblaciones grandes, ya que solo se contó con dos poblados de este tipo, lo que limitó la posibilidad de llevar acabo un análisis estadístico. Además, se recomienda realizar una investigación enfocado en validar los rangos propuesto para los residuos sólidos.

BIBLIOGRAFÍA

- APAK TV. (2022). *Reciclaje en el relleno sanitario de Otavalo*. <https://www.facebook.com/APAKTV/videos/reciclaje-en-el-relleno-sanitario-de-otavalo/413551487208703/>
- Arellano, A., Congacha, A., Espinoza, Lady, Izurieta, C., & Zúñiga, G. (2024). Enfoque interdisciplinario para la gestión sustentable del agua potable y de los desechos sólidos en Ecuador. *Editorial UNACH*. <https://doi.org/10.37135/u.editorial.05.0000>
- Arellano, A., González, C., & Gavilanes, A. (2014). *CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE RIOBAMBA*. https://www.researchgate.net/publication/343267462_CHARACTERISTICAS_DE_LOS_RESIDUOS_SOLIDOS_DE_RIOBAMBA
- Cárdenas, R., & Patiño, C. (2022). *CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA CIUDAD DE OTAVALO*. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9028>
- Chalacán, A. (2023). *Análisis comparativo de las producciones per cápita y densidades de residuos sólidos residenciales de cinco ciudades del Ecuador*. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11293>
- Código Orgánico del Ambiente. (2019). *Suplemento del Registro Oficial No. 507 , 12 de Junio 2019*. https://www.emaseo.gob.ec/documentos/lotaip_2019/a/base_legal/Reglamento_al_codigo_organico_de_ambiente.pdf
- GADM Cevallos. (2018). *Cevallos sede del encuentro nacional sobre Gestión Integral de Residuos Sólidos*. <http://cevallos.gob.ec/index.php/noticias/destacados/87-cevallos-sede-del-encuentro-nacional-sobre-gestion-integral-de-residuos-solidos>
- GADM Guano. (2021). *TRABAJOS DE COMPACTACIÓN EN CELDAS EMERGENTES DEL RELLENO SANITARIO EN LA PARROQUIA VALPARAÍSO*. <https://www.facebook.com/gadmunicipalguano/posts/trabajos-de-compactaci%C3%B3n-en-celdas-emergentes-del-relleno-sanitario-en-la-parroq/4250359035082952/>
- GADM Guaranda. (2024). *Datos Generales*. <https://www.guaranda.gob.ec/newsiteCMT/>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Método de investigación* (Sexta). McGraw-Hill.
- Hoorweg, D., & Bhada-Tata, P. (2012). *WHAT A WASTE: A Global Review of Solid Waste Management*. <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/1a464650-9d7a-58bb-b0ea-33ac4cd1f73c>
- INEC. (2019). *Boletín Técnico - Gestión de Residuos Sólidos 2019*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web->

- inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2019/Residuos_solidos_2019/Boletin_Tecnico_Residuos_2019%20v05_2.pdf
- INEC. (2022a). *Boletín Técnico - Gestión de Residuos Sólidos 2022*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2022/Residuos_Solidos/Boletin_Tecnico_Residuos_2022%20VF.pdf
- INEC. (2022b). *Documento Metodológico Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2022/Residuos_Solidos/Documento_Metodologico_final_GIRS_2022.pdf
- La Prensa. (2022). *200 Toneladas van al Relleno Sanitario*. <https://www.laprensa.com.ec/200-toneladas-van-al-relleno-sanitario/>
- La Prensa. (2023). *Un mejor relleno sanitario de Porlón*. <https://www.laprensa.com.ec/un-mejor-relleno-sanitario-de-porlon/>
- MAATE. (2015). *Gestión Integral de Desechos Sólidos*. https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/PNGIDS1.pdf&ved=2ahUKEwjRqfymyqSJAxVXSzABHcizCgEQFnoECDQQAQ&usg=AOvVaw1S_tdnI2EIhPysuJ3RXql
- Mejía, B. (2024). *Caracterización de residuos sólidos urbanos del cantón Cevallos provincia de Tungurahua*. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/13137>
- Naula, P., & Israel, E. (2023). *Análisis comparativo de los componentes de residuos sólidos residenciales de cinco ciudades del Ecuador*. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10564>
- Oleas Espín, E. R. (2018). *PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA EL TRATAMIENTO Y APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8370/1/20T01021.pdf>
- PDYOT Baños de Agua Santa. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. https://municipiobanos.gob.ec/banos/images/LOTAIP2020/agosto2020/PDOT_2019-2023.pdf
- PDYOT Chambo. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2014 - 2019*. https://www.gobiernodechambo.gob.ec/chambo/images/PDyOT_-_ParteX.pdf
- PDYOT Guamote. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2019- 2023*. <https://www.gadguamote.gob.ec/index.php/la-municipalidad/la-alcaldia/plan-de-desarrollo-y-ordenamiento/pdot-guamote-2019-2023/3305-pdot-guamote-2019-2023/file>

- PDYOT Guaranda. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2020-2025*.
<https://www.guaranda.gob.ec/newsiteCMT/plan-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial-2020-2025/>
- PDYOT IBARRA. (2021). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Ibarra*.
<https://www.ibarra.gob.ec/site/docs/lotaip2021/anexos/s/PDOT%202020-2040%20CANTON%20SAN%20MIGUEL%20DE%20IBARRA.pdf>
- PDYOT Las Naves. (2023). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Las Naves 2023-2027*.
<https://drive.google.com/file/d/1jCh4p8J21GvZJYWDy1ejvF-0oRvB162T/view>
- PDYOT Otavalo. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*.
<https://drive.google.com/file/d/1bBiapXftUeHmKGwLfp2pGvHqZnTh7cKv/view>
- PDYOT Riobamba. (2023). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) 2023 -2035*.
https://www.gadmriobamba.gob.ec/index.php/la-municipalidad/la-alcaldia/plan-de-desarrollo-y-ordenamiento?own_categories=0
- PDYOT Santa Cruz. (2021). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Santa Cruz - Galápagos 2021 - 2032*.
- PDYOT Tena. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*.
<https://tena.gob.ec/images/convocatoria/ACTUALIZACION-PDOT-2020-2023.pdf>
- Quezada, A., & Rubio, I. (2024). *Caracterización de residuos sólidos urbanos del cantón Guano parroquia La Matriz*. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/13081>
- Romero, P., & Vásquez, J. (2022). *CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS Y ELABORACIÓN DE UNA PROPUESTA PARA EL MANEJO ADECUADO DE LOS MISMOS EN EL CASCO URBANO DEL CANTÓN ZARUMA, PROVINCIA DE EL ORO*.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21836/1/UPS-CT009556.pdf>
- Solíz Torres, M. F., Durango Cordero, J. S., Solano Peláez, J. L., & Yépez Fuentes, M. A. (2020). *Cartografía de los residuos sólidos en Ecuador*.
<http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/7773>
- UNEP. (2024, February 28). *El mundo debe superar la era de los desechos y convertirlos en recursos*. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/el-mundo-debe-superar-la-era-de-los-desechos-y>
- Vélez, A. G., Peñafiel, P. A., Heredia, M., Barreno, S. N., & Chávez, J. F. (2019). *Propuesta de sistema de gestión de residuos sólidos domésticos en la comunidad Waorani Gareno de la Amazonía ecuatoriana*. *Ciencia y Tecnología*, 12(2), 33–45.
<https://doi.org/10.18779/cyt.v12i2.324>

ANEXOS

Anexo 1. *Producción per cápita de los residuos sólidos.*

Cantón	Estrato	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Riobamba	A	0.75	0.61	0.51	0.59	0.48	0.45	0.5
	B	0.72	0.67	0.62	0.57	0.61	0.6	0.52
	C	0.37	0.59	0.36	0.43	0.52	0.3	0.43
	D	0.76	0.45	0.51	0.49	0.41	0.42	0.46
Chambo	A	0.7	0.57	0.51	0.5	0.52	0.5	0.55
	B	0.31	0.27	0.34	0.32	0.31	0.28	0.31
	C	0.32	0.31	0.35	0.33	0.34	0.33	0.33
	D	0.34	0.32	0.29	0.28	0.3	0.29	0.35
Tena	A	0.55	0.61	0.6	0.6	0.62	0.58	0.6
	B	0.65	0.64	0.62	0.64	0.62	0.63	0.64
	C	0.57	0.57	0.56	0.56	0.55	0.55	0.53
	D	0.51	0.5	0.48	0.52	0.52	0.52	0.5
Baños	A	0.7	0.58	0.49	0.53	0.52	0.38	0.38
	B	0.51	0.54	0.69	0.59	0.55	0.46	0.35
	C	0.39	0.44	0.52	0.48	0.54	0.47	0.42
	D	0.39	0.35	0.53	0.49	0.45	0.45	0.35
Otavalo	A	0.49	0.49	0.52	0.53	0.52	0.51	0.49
	B	0.66	0.68	0.66	0.63	0.66	0.67	0.68
	C	0.52	0.52	0.6	0.55	0.56	0.56	0.58
	D	0.6	0.65	0.72	0.7	0.68	0.66	0.65
Guamote	A	0	0.71	0.37	0.42	0.64	0.28	0.47
	B	0.47	0.38	0.47	0.41	0.66	0.36	0.37
	C	0.48	0.52	0.33	0.39	0.47	0.39	0.41
	D	0.46	0.5	0.6	0.47	0.53	0.45	0.47
Puerto Ayora	A	0	0	0	0	0	0	0
	B	0.25	0.67	0.49	0.63	0.54	0.83	0.49
	C	0.38	0.66	0.48	0.74	0.62	0.77	0.49
	D	0.42	0.68	0.41	0.63	0.51	0.74	0.47
Penipe	A	0	0	0	0	0	0	0
	B	0.35	0.34	0.36	0.35	0.29	0.29	0.12
	C	0.6	0.44	0.45	0.38	0.43	0.41	0.4
	D	0.34	0.38	0.37	0.35	0.43	0.35	0.32
Dolorosa de Priorato	A	0.67	0.35	0.61	0.37	0.63	0.51	0.69
	B	0.65	0.66	0.43	0.45	0.54	0.58	0.45
	C	0.52	0.48	0.36	0.49	0.39	0.5	0.39
	D	0.52	0.41	0.46	0.55	0.51	0.43	0.31
Guaranda	A	0	0	0	0	0	0	0
	B	0.13	0.1	0.12	0.12	0.13	0.13	0.11
	C	0.21	0.19	0.22	0.21	0.21	0.22	0.2
	D	0.11	0.14	0.13	0.13	0.12	0.1	0.08
Las Naves	A	1.04	0.56	0.34	0.69	0.8	0.79	0.6
	B	0.59	0.45	0.44	0.48	0.5	0.46	0.53
	C	0.55	0.49	0.61	0.58	0.52	0.39	0.51

	D	0.66	0.64	1.22	1.29	1.71	1.54	1.74
Guano	A	0.67	0.82	0.62	0.43	0.39	0.76	0.58
	B	0.68	0.61	0.65	0.63	0.61	0.79	0.65
	C	0.66	0.56	0.58	0.63	0.55	0.61	0.55
	D	0.61	0.61	0.53	0.65	0.51	0.55	0.54
Cevallos	A	0.65	0.67	0.66	0.65	0.64	0.66	0.61
	B	0.77	0.77	0.71	0.53	0.45	0.43	0.42
	C	0.74	0.69	0.67	0.62	0.56	0.61	0.63
	D	0.7	0.67	0.56	0.59	0.72	0.64	0.7
Yaruquies	A	0	0	0	0	0	0	0
	B	0.35	0.32	0.44	0.24	0.24	0.16	0.29
	C	0.39	0.29	0.39	0.38	0.26	0.24	0.37
	D	0.43	0.48	0.54	0.42	0.6	0.49	0.4

Anexo 2. Densidad de los residuos sólidos.

Cantón	Estrato	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Riobamba	A	203.15	178.76	191.93	169.63	274.78	212	192.67
	B	229.76	240.54	250.07	205.93	249.09	308.43	278.65
	C	210.48	159.04	147.43	136.59	254.85	239.2	186.39
	D	187.57	191.3	242.61	259.48	276.26	261.04	219.61
Chambo	A	137.35	144.7	155.67	163.22	156	138.7	115.65
	B	149.09	152.57	171	155	147.75	127.22	145.83
	C	149.35	164.39	181.83	176.61	177.67	136.26	170.22
	D	201.26	207.13	216.25	194.26	196.75	202.52	146.35
Tena	A	65.22	135.65	134.78	143.48	145.65	178.26	152.17
	B	195.65	191.3	208.7	204.35	210.87	178.26	182.61
	C	182.61	186.96	178.26	184.78	191.3	204.35	180.43
	D	211.74	217.83	217.39	230.43	219.57	221.74	207.83
Baños	A	147.83	146.52	99.13	165.22	160.87	136.96	217.83
	B	143.91	158.7	181.74	217.39	147.83	230.52	190.44
	C	220.87	173.48	247.83	173.91	265.22	191.3	212.17
	D	285.65	133.91	234.78	195.65	204.35	130.44	313.91
Otavalo	A	123.33	106.67	139.67	129.67	124.67	137.67	113
	B	208.67	181.67	191.67	178.67	169.67	200	153.33
	C	174.33	168.33	209	199.33	185	212.33	181.33
	D	243.67	217.33	249	242.33	213.33	240.67	231.67
Guamote	A	100.42	126.77	129.27	147.54	136	140.42	127.15
	B	86	146	133.88	125.81	143.69	112.92	171.96
	C	240.23	189.08	220.42	215.81	236.96	142.35	196
	D	316.38	296.73	182.92	286.38	295.42	372.73	230.42
Puerto Ayora	A	0	0	0	0	0	0	0
	B	84.5	145.03	78.2	112.27	90.13	135.43	82.93
	C	205.27	293.43	225.27	235.77	232.13	259.37	230.93
	D	173.77	226.27	159.27	210.4	175.33	250.17	169.1
Penipe	A	0	0	0	0	0	0	0
	B	174.56	113.95	98.34	120.5	154.33	171.47	79.14
	C	169.63	170.97	236.2	160.03	197.04	188.2	297.08
	D	143.92	207.27	265.23	268.59	298.65	297.17	177.07
Dolorosa de Priorato	A	311.25	178.00	166.50	156.00	236.25	187.50	258.00
	B	146.50	250.00	268.25	228.00	231.25	236.50	200.00
	C	301.75	292.75	269.75	256.75	236.00	237.75	252.75
	D	332.50	220.75	320.25	278.50	271.00	305.50	285.50
Guaranda	A	0	0	0	0	0	0	0
	B	136.07	88.57	111.23	132.97	163.03	110.77	167.83
	C	198.93	184.53	218.8	214.97	183.57	214.07	203.03
	D	153.6	172.7	143.43	234.6	152.43	204.47	199.1
Las Naves	A	183.00	295.00	295.00	310.00	335.00	365.00	225.00
	B	225.00	250.00	295.00	395.00	255.00	200.00	325.00
	C	179.00	165.00	240.00	275.00	260.00	230.00	170.00
	D	161.00	120.00	285.00	225.00	325.00	225.00	205.00

Guano	A	116.55	134.55	114.45	90.09	137.64	136.64	148.77
	B	254.45	215.36	183.09	255.45	170.55	206.36	175.64
	C	311.36	250.64	288.64	204.18	262.36	267.45	255.23
	D	158.73	209.09	205.91	222.64	251.36	194.18	233.86
Cevallos	A	122.73	131.35	126.73	139.42	145.58	138.04	125.23
	B	147.08	142.54	115.73	124.04	139.35	116.35	168.73
	C	191.88	214	248.19	211.46	238.5	171.35	167.5
	D	332.96	324.81	290.23	321.35	319.04	342.69	248.15
Yaruquies	A	0	0	0	0	0	0	0
	B	162.92	87.92	182.92	112.92	107.79	109.54	165.46
	C	209.63	178.75	211.67	261.25	117.13	138.92	160.46
	D	112.5	161.67	136.96	156.25	84.67	99.29	73.96