



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA INGENIERIA CIVIL

**“Caracterización de residuos sólidos urbanos del Cantón Riobamba –
Parroquia Calpi”**

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Civil

Autor:

Bastidas Guamán, Edwin Fernando

Tutor:

Ing. Alfonso Patricio Arellano Barriga MSc.

Riobamba, Ecuador. 2025

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, **Edwin Fernando Bastidas Guamán** con cédula de ciudadanía 060437838-0, autor del trabajo de investigación titulado: **CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL CANTÓN RIOBAMBA – PARROQUIA CALPI**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí 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, 30 de Julio del 2025.



Edwin Fernando Bastidas Guamán

C.I: 060437838-0

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Ing. Alfonso Patricio Arellano Barriga, Mgs catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: **“CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL CANTÓN RIOBAMBA – PARROQUIA CALPI”**, bajo la autoría de, **Edwin Fernando Bastidas Guamán**; 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 30 días del mes de Julio de 2025



Ing. Alfonso Patricio Arellano Barriga, Mgs

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 “**CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL CANTÓN RIOBAMBA – PARROQUIA CALPI**”, presentado por **Edwin Fernando Bastidas Guamán** con cédula de ciudadanía 1106038571, 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 30 de julio de 2025.

Ing. Guillermo Edvin Machado Sotomayor, Mgs.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO

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

Ing. Víctor Hugo Valverde Orozco, PhD.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



CERTIFICACIÓN

Que, **BASTIDAS GUAMÁN EDWIN FERNANDO** con CC: **060437838-0**, estudiante de la Carrera **INGENIERÍA CIVIL**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL CANTÓN RIOBAMBA – PARROQUIA CALPI**", cumple con el 10 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 21 de junio de 2025

Ing. Alfonso Patricio Arellano Barriga MsC.
TUTOR

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación está dedicado a quienes, con su cariño, comprensión y confianza, han sido fundamentales en la construcción de este logro.

A mis padres y hermanos, por su amor, sacrificios y por estar siempre a mi lado sin importar las circunstancias. Su ejemplo y cariño me han dado la fuerza para seguir adelante.

A mis abuelitos, tíos, y amigos, quienes, con su presencia, consejos y afecto, hicieron de este proceso un camino más ameno y lleno de aprendizaje, por su apoyo incondicional, sus consejos. Su compañía ha sido fundamental para culminar esta etapa de mi vida.

Cada parte de este trabajo refleja todo lo que he recibido de ustedes. Gracias por caminar conmigo.

Edwin Fernando Bastidas Guamán

AGRADECIMIENTO

Llegar hasta este momento ha sido una travesía llena de retos, aprendizajes y experiencias que guardaré siempre en mi corazón. Por eso, quiero agradecer de manera muy especial a quienes hicieron posible que este sueño se vuelva realidad. A Dios, por darme la fuerza cuando sentí que no podía más, por iluminar cada paso que di y por recordarme que todo esfuerzo vale la pena cuando se hace con fe.

A mi familia, en especial a mis padres, por su amor incondicional, por enseñarme con su ejemplo a nunca rendirme, a ser humilde y a luchar siempre por mis metas. Gracias por estar ahí en cada caída, por levantarme y seguir creyendo en mí, incluso cuando yo dudaba.

A mis hermanos, por su apoyo silencioso pero constante, por esas palabras de ánimo en el momento justo y por celebrar conmigo cada pequeño avance como si fuera el más grande logro. A mis abuelitos y tíos, por su cariño sincero, por sus consejos llenos de sabiduría y por estar presentes de tantas formas que siempre me hicieron sentir acompañado.

A mis amigos, Jeanco, Marisol, Mabel, Karina, Víctor, Erick, Josselyn, Ana, Germias, Anahí y Jefferson, que, con una palabra, una llamada o simplemente con su compañía, supieron hacer más llevadero este camino.

A los docentes de la Universidad Nacional de Chimborazo, quienes no solo compartieron conocimientos, sino también su vocación y entrega. Su enseñanza ha dejado una huella profunda en mi formación.

Y en especial, al Ing. Alfonso Arellano, por su orientación, por corregirme con paciencia y por acompañarme con dedicación en este proceso. Su guía fue clave para llegar hasta aquí.

A todos ustedes, gracias por creer en mí, por estar, por acompañarme... Este logro también es suyo.

Edwin Fernando Bastidas Guamán

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Antecedentes	14
1.2. Planteamiento del problema.....	17
1.3. Justificación	18
1.4. Objetivos	19
1.4.1. General	19
1.4.2. Específicos	19
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	20
2.1. DEFINICIONES	20
2.2. Estado de arte	21
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	24
3.1. Tipo de investigación	24
3.2. Métodos y técnicas de recolección de datos	25
3.3. Población de estudio y tamaño de muestra	25
3.3.1. Población de estudio	25
3.3.2. Tamaño de la muestra	25
3.4. Procesamiento y Análisis de datos	26
3.4.1. Caracterización Urbanística	26
3.4.2. Caracterización Socioeconómica	26
3.4.3. Procesamiento y análisis de datos para la Producción Per Cápita de RSU	27

3.4.4. Procesamiento y análisis de datos para la densidad suelta.....	28
3.4.5. Procesamiento y análisis de datos para los componentes de RSU	28
3.4.6. Análisis Estadístico para la Producción Per Cápita	29
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1. Caracterización urbanística de la Parroquia Calpi	30
4.2. Caracterización Socioeconómica de la Parroquia Calpi	34
4.3. Producción Per Cápita de la Parroquia Calpi considerando valores atípicos.....	36
4.4. Producción Per Cápita de la Parroquia Calpi sin valores atípicos	41
4.4.1. Análisis de Varianza ANOVA-Prueba Tukey para la Producción Per Cápita..	44
4.4.2. PPC de RSU de la Parroquia Calpi según diferentes autores.....	46
4.4.3. PPC de RSU de tres localidades del Ecuador relacionados con la población ...	46
4.5. Densidad Suelta de RSU de la Parroquia Calpi	47
4.6. Composición física de RSU de la Parroquia Calpi	48
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
5.1. Conclusiones	56
5.2. Recomendaciones.....	58
CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA.....	59
CAPÍTULO VII. ANEXOS	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Categorización de una manzana	26
Tabla 2. Categorización de la vivienda encuestada	27
Tabla 3. Resultados de la estratificación urbanística	30
Tabla 4. Cantidad de encuestas realizadas en cada estrato socioeconómico	34
Tabla 5. Peso diario y Producción Per Cápita de RSU del estrato B.....	37
Tabla 6. Peso diario y Producción Per Cápita de RSU del estrato C.....	37
Tabla 7. Peso diario y Producción Per Cápita de RSU del estrato D.....	39
Tabla 8. Valores atípicos de producción per cápita del estrato B	41
Tabla 9. Valores atípicos de producción per cápita del estrato C	42
Tabla 10. Valores atípicos de producción per cápita del estrato D.....	43
Tabla 11. Resultados de la prueba Tukey para la producción per cápita en los estratos B, C Y D de la Parroquia Calpi.....	44
Tabla 12. Valores de densidad suelta de los residuos sólidos en los estratos A, B, C y D.....	47
Tabla 13. Clasificación física de los residuos sólidos generados en el estrato B	49
Tabla 14. Clasificación física de los residuos sólidos generados en el estrato C	49
Tabla 15. Clasificación física de los residuos sólidos generados en el estrato D	50
Tabla 16. Composición física de los residuos sólidos en los estratos B, C y D y su promedio ponderado.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación Geográfica de la Parroquia Calpi.	14
Figura 2. Relación entre la Producción Per Cápita y Población.	22
Figura 3. Densidad en relación con la población de ciudades del Ecuador.	23
Figura 4. Esquema Metodológico.	24
Figura 5. Porcentaje de Manzanas Estratificadas de la Parroquia Calpi.	30
Figura 6. Determinación de los estratos de las manzanas en la Parroquia Calpi.	32
Figura 7. Comparación de la caracterización urbanística de Calpi y la Dolorosa de Priorato.	33
Figura 8. Manzanas delimitadas por estrato donde se realizaron las encuestas.	35
Figura 9. Promedio de habitantes por estrato.	36
Figura 10. Peso total diario de los RSU.	40
Figura 11. PPC con valores atípicos de los estratos B, C y D.	40
Figura 12. Análisis comparativo de la producción per cápita de los estratos B, C y D.	45
Figura 13. PPC real de los estratos A, B, C Y D.	45
Figura 14. PPC de RSU de Calpi según diferentes autores.	46
Figura 15. PPC y Población de tres localidades del Ecuador.	47
Figura 16. Comparación de las densidades sueltas promedio y ponderada de los estratos A, B, C y D.	48
Figura 17. Componente Orgánico promedio de los estratos y ponderado.	52
Figura 18. Residuos sólidos potencialmente reciclables.	53
Figura 19. Residuos sólidos potencialmente reciclables a futuro.	54
Figura 20. Residuos desechables.	55

RESUMEN

El estudio desarrollado en la parroquia Calpi tuvo como finalidad caracterizar técnicamente los residuos sólidos urbanos (RSU) de origen domiciliario, aplicando una metodología adecuada para poblaciones con menos de 150.000 habitantes. El trabajo incluyó la identificación de estratos socioeconómicos mediante criterios urbanísticos, permitiendo distribuir proporcionalmente una muestra de 82 viviendas en los estratos B, C y D. La recolección de datos consideró siete días consecutivos de muestreo, permitiendo obtener información confiable sobre la generación diaria, la composición física y la densidad suelta de los residuos. En términos de generación, el estudio determinó un valor de producción per cápita (PPC) de 0.427 kg/hab/día. A nivel de estratos, se registró el valor más alto en el estrato B (0.514 kg/hab/día), seguido del D (0.489 kg/hab/día) y finalmente el estrato C (0.385 kg/hab/día), evidenciando una relación directa entre el nivel de ingresos y la cantidad de residuos generados por persona. Respecto a la composición física de los RSU, se identificaron 25 componentes, clasificándolos en cuatro grupos funcionales. Los residuos orgánicos representaron el mayor porcentaje con un promedio del 50.03%, seguidos por los residuos potencialmente reciclables, con un 32.72%. Los residuos potencialmente reciclables a futuro representaron un 0.96%, mientras que los residuos desechables alcanzaron un 16.29%. Esta distribución evidencia un alto contenido de materia orgánica, con oportunidades para implementar estrategias de valorización, así como la necesidad de fortalecer la separación en la fuente para recuperar materiales reciclables.

En relación con la densidad suelta, los valores promedio obtenidos fueron de 120.28 kg/m³ para el estrato B, 109.60 kg/m³ para el C y 111.40 kg/m³ para el D, determinando así una densidad suelta ponderada de 112.39 kg/m³ para la parroquia Calpi. Estos resultados permiten contar con una base técnica sólida para el diseño de políticas públicas, infraestructura de gestión y planes operativos adaptados al contexto territorial y social de la parroquia Calpi.

Palabras claves: Residuos sólidos urbanos, producción per cápita, densidad suelta, composición física.

ABSTRACT

The study carried out in the parish of Calpi was aimed at technically characterizing municipal solid waste (MSW) from households, applying a methodology suitable for populations with less than 150,000 inhabitants. The work included the identification of socio-economic strata using urban criteria, allowing a sample of 82 households to be proportionally distributed in strata B, C and D. Data collection considered seven consecutive days of sampling, allowing reliable information to be obtained on the daily generation, physical composition and loose density of waste. In terms of generation, the study determined a per capita production value (PPC) of 0.427 kg/inhab/day. At the strata level, the highest value was recorded in stratum B (0.514 kg/inhab/day), followed by stratum D (0.489 kg/inhab/day) and finally stratum C (0.385 kg/inhab/day), showing a direct relationship between income level and the amount of waste generated per person. Regarding the physical composition of MSW, 25 components were identified and classified into four functional groups.

In relation to loose density, the average values obtained were 120.28 kg/m³ for stratum B, 109.60 kg/m³ for stratum C and 111.40 kg/m³ for stratum D, thus determining a weighted loose density of 112.39 kg/m³ for the parish of Calpi. These results provide a solid technical basis for the design of public policies, management infrastructure and operational plans adapted to the territorial and social context of Calpi parish.

Keywords: Municipal solid waste, per capita production, loose density, physical composition.



Tatiana Elizabeth
Martinez Zapata



Reviewed by:
Mgs. Tatiana Martínez Zapata
ENGLISH PROFESSOR
C.C: 0605777192

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

La Parroquia rural de Calpi está situada en el Cantón Riobamba, dentro de la Provincia de Chimborazo. Se encuentra a unos 10 km de la capital provincial y está estratégicamente ubicada junto a la carretera Panamericana, la cual conecta las rutas hacia la costa, la parte sur de la serranía y la ciudad de Guaranda. La parroquia cuenta con una superficie aproximadamente de 6246 hectáreas. Limita al norte con la parroquia San Andrés, al este con la Parroquia Licán, al oeste con la Parroquia San Juan y al sur con el río Chibunga, Comunidad Gatazos. Según el INEC (2010) la población es de aproximadamente 6.170 habitantes con 1.754 habitantes en la cabecera urbano parroquial.

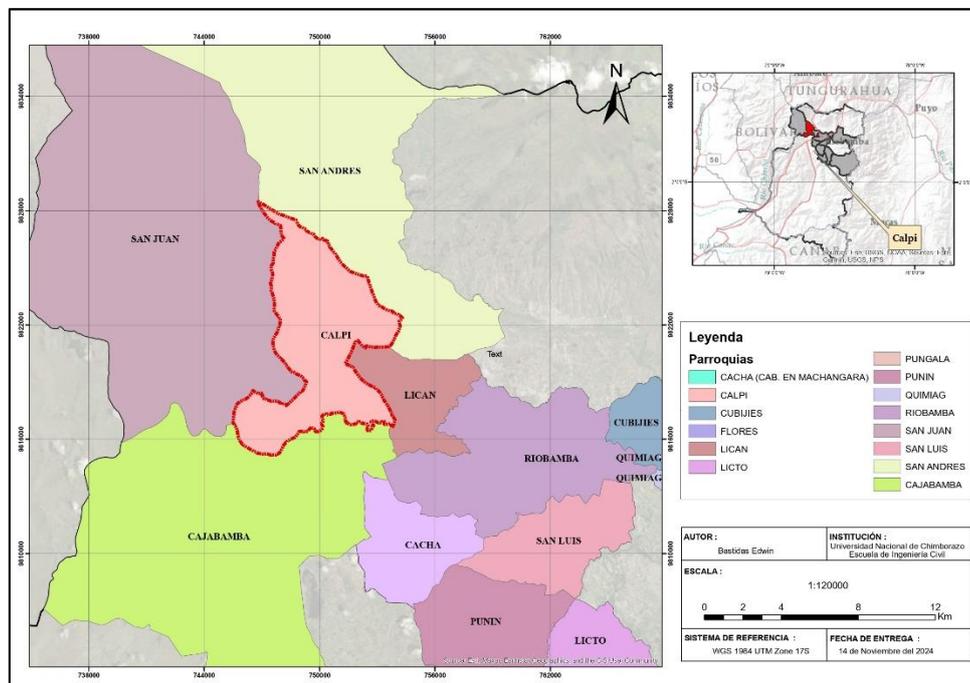


Figura 1. Ubicación Geográfica de la Parroquia Calpi.

Fuente: (Bastidas, 2024)

A partir de 2014, las parroquias rurales han tenido acceso al servicio de recolección de residuos, aunque inicialmente este solo llegaba a las cabeceras parroquiales dos veces al mes. Posteriormente, en 2015, se registró un aumento significativo en esta frecuencia, con recolección dos veces por semana en las cabeceras parroquiales y en cuatro comunidades adicionales. Para el 2016, gracias a la adquisición de nueva maquinaria moderna y mejorada, las parroquias rurales han visto aumentada la frecuencia de recolección a tres veces por semana, mientras que las 42 comunidades distribuidas en las 11 parroquias del cantón ahora cuentan con recolección una vez por semana. Este incremento en la cobertura del servicio se debe principalmente a la infraestructura vial mejorada, como las vías adoquinadas o asfaltadas y a

la mayor densidad poblacional en estas áreas. En la actualidad, únicamente la comunidad de Telem Pala carece del servicio de recolección de basura. Como resultado, todos los residuos generados en esa localidad son arrojados a los cauces de agua, contribuyendo a la contaminación ambiental. Además, una porción de estos desechos es incinerados (GADPCALPI, 2023).

Tal como indica el GADMR (2020) en su informe, señala que la parroquia de Calpi ha establecido determinados horarios para la recogida de residuos. Tanto la zona urbana principal y comunidades, a los que presta el servicio de recolección encargado del GAD Municipal de Riobamba. El método utilizado para recoger los residuos sólidos corresponde a un sistema de recolección a pie de vereda para residuos sólidos. En la cabecera parroquial, la recolección se realiza los días lunes, miércoles y viernes, de 7:00 am a 1:00 pm. En comunidades de Asunción y Bayushi San Vicente se realiza los días miércoles en el mismo horario. El municipio de Riobamba presta su servicio con el camión recolector de carga trasera, modelo IVECO, es operado por un conductor y dos ayudantes. Este camión cuenta con un sistema de compactación de 5.4 toneladas. Su uso permite una gestión eficiente y asegurado un proceso adecuado de recolección de residuos sólidos.

La gestión y reducción de estos efectos adversos recae en la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS), como se expresa en el Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización (COOTAD, 2010). Artículo 55, inciso d). Este artículo establece que los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales tienen la obligación de “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”.

El Instituto Nacional de Estadística y Censos reporta que una persona típica en Ecuador produce 0.9 kilogramos de residuos sólidos al día. La generación per cápita en el cantón Riobamba es de 0,60 kg/hab/día en las zonas urbanas y de 0,48 kg/hab/día en las regiones rurales (INEC, 2022).

Además, es importante considerar que una gran parte de los desechos producidos en el país son depositados en vertederos a cielo abierto, lo que provoca una considerable contaminación del suelo, del aire y del entorno, representando al mismo tiempo un riesgo significativo para la salud pública. Estos vertederos son sitios destinados al depósito de residuos sólidos sin que se implementen medidas para la protección del medio ambiente (Hoyas, 2022). Por lo tanto, los

residuos sólidos son generados a diario por los habitantes de una determinada área, influenciados por sus comportamientos y costumbres. Por ende, para desarrollar y ejecutar eficazmente cualquier proyecto, programa, plan o estrategia destinada a gestionar adecuadamente estos residuos y satisfacer la demanda existente, es crucial comprender tanto la cantidad como las características de estos desechos. Esto se convierte en un requisito esencial antes de emprender cualquier actividad relacionada.

Este proyecto de investigación es importante porque busca caracterizar una población de hasta 150,000 habitantes. Para ello, se utilizarán el “Método de caracterización urbana y caracterización socioeconómica” y la “Técnica de muestreo y caracterización de residuos sólidos para poblaciones de menos de 150.000 habitantes” (Arellano et al., 2024). Los resultados ayudarán a las instituciones de gestión de residuos sólidos a mejorar su planificación en aspectos como el almacenamiento, recolección, el transporte y disposición final. También se espera fomentar proyectos que aprovechen los residuos y de uso eficiente de los recursos que ayuden a las poblaciones vulnerables.

1.2.Planteamiento del problema

En la cabecera parroquial de Calpi no se dispone de datos precisos sobre la cantidad ni el tipo de residuos sólidos generados por la comunidad, En la cabecera parroquial de Calpi no se dispone de datos precisos sobre la cantidad ni el tipo de residuos sólidos generados por la comunidad. Esta falta de información impide una gestión adecuada, provocando acumulación de basura en espacios públicos y el uso de métodos inadecuados como la quema o disposición en quebradas, lo cual deteriora el entorno y afecta la salud pública. También optan por incinerar los desechos, lo que provoca contaminación del aire. Se ha observado la acumulación de basura orgánica, plásticos y residuos de pesticidas en las vertientes y fuentes de agua de la parroquia.

En la cabecera parroquial de Calpi, la ausencia de rutas de recolección bien planificadas y la baja frecuencia del servicio han provocado que muchos habitantes desechen la basura de manera inadecuada.

Es importante señalar que en la cabecera parroquial no se han instalado contenedores de residuos sólidos. Como resultado, los pobladores colocan sus desechos en bolsas de basura y las depositan en la acera para que el personal del camión recolector las recoja de cada casa. Esto genera problemas persistentes como malos olores, la presencia de animales que rompen las bolsas, causando contaminación.

Por tal razón la falta de información actualizada sobre la producción per cápita, el estado socioeconómico, caracterización de los residuos sólidos en la Parroquia Calpi, dificulta la formulación de un plan adecuado de gestión de desechos. Por lo tanto, es necesario desarrollar un plan de gestión integral que incluya el diseño de posibles estrategias de reciclaje, la planificación de rutas de recolección, la actualización de la flota de camiones recolectores, y la mejora de los recursos y tarifas. Instituciones como la Asociación de Municipios del Ecuador (AME) sugieren que la producción per cápita se actualice cada dos años para garantizar una gestión eficiente.

1.3. Justificación

El propósito principal del proyecto es llevar a cabo un estudio de caracterización de los residuos sólidos generados en la parroquia Calpi con el propósito de determinar oportunidades de mejora en el manejo de los RS. La información recopilada servirá como punto de partida para futuras intervenciones tales como campañas de reciclaje y la implementación de sistemas de compostaje. Contar con información actualizada permitirá a las autoridades locales la planificación sostenible. Según Granizo & Guamán (2015), la producción per cápita de la parroquia Calpi es de 0.26 kg/hab/día. Para este estudio, se utilizó la metodología propuesta por Arellano et al. (2012), en su investigación sobre la “caracterización urbanística y socioeconómica”. Se recolectaron 50 muestras durante un periodo de 7 días para la caracterización de los parámetros físico-químicos de los residuos sólidos, lo que resultó en un total de 48.05 kg de residuos sólidos producidos.

La Asociación de Municipalidades del Ecuador (AME), plantea que es importante que los municipios del país actualicen sus estudios sobre los residuos sólidos urbanos cada dos años, especialmente por el crecimiento constante de la población y los cambios en su situación social y económica. Por otro lado, la OPS aconseja que los GAD municipales revisen los datos sobre Producción Per Cápita (PPC) al menos una vez cada cinco años, aunque lo más recomendable sería hacerlo anualmente. En el caso de la parroquia Calpi, contar con datos actualizados permitirá hacer ajustes que fortalezcan la planificación a largo plazo orientada al desarrollo sostenible. Conocer las características de los residuos también es clave para diseñar medidas preventivas que contribuyan a proteger la salud de la comunidad.

1.4.Objetivos

1.4.1. General

- Realizar la caracterización de los residuos sólidos residenciales urbanos de la Parroquia Calpi.

1.4.2. Específicos

- Analizar las características urbanísticas y socioeconómicas de la Parroquia Calpi con el propósito de categorizarlas por estratos.
- Estimar la producción per cápita de residuos sólidos urbanos en la Parroquia Calpi.
- Determinar la composición física y densidad de los residuos sólidos urbanos en la Parroquia Calpi.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. DEFINICIONES

- **Residuos Sólidos**

Se considera residuo sólido cualquier material, sustancia u objeto que se desecha debido a la actividad humana y que no tiene un uso futuro inmediato. Estos residuos se clasifican según su composición, como peligrosos, reciclables u orgánicos, y según su origen, como domésticos, comerciales o industriales. Su gestión adecuada es esencial para proteger el entorno, la salud y fomentar un desarrollo equilibrado, priorizando estrategias como la reducción, la reutilización y el reciclaje (Bernache Pérez, 2015).

- **Caracterización de residuos sólidos**

Según Alayón (2021), “La caracterización de los residuos sólidos es una etapa básica e importante dentro de su propia gestión, ya que busca identificar fuentes, cantidades y variaciones en el tiempo, al igual que la observación y calidad de los productos”.

La caracterización detallada de los residuos sólidos es fundamental para determinar el potencial de reciclaje, tratamiento y disposición final, todas las cuales deben adaptarse a las circunstancias específicas de cada caso (Cabeza, 2020).

- **Producción per cápita de residuos sólidos**

De acuerdo con Vélez et al. (2019), “La producción per cápita (PPC), es la cantidad de residuos sólidos generados por habitante en un día (kg/hab/día), permite planificar adecuadamente los sistemas de recolección y disposición final, y es la base de cálculo para el diseño e implementación de un sistema de gestión integral de residuos sólidos”. Generalmente, existe una relación directa entre el nivel de ingresos y la cantidad de residuos generados.(Alayón, 2021).

- **Composición física de residuos sólidos**

La composición se refiere a los elementos que conforman el flujo de residuos sólidos y su distribución relativa, generalmente expresada en porcentajes de peso. Conocer la composición de los residuos sólidos resulta fundamental para determinar los requerimientos de equipo, así como para diseñar sistemas, programas y planes de gestión (Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, 2024).

- **Densidad de residuos sólidos**

La densidad (kg/m^3) de los residuos sólidos se define como la relación entre su peso y el volumen que ocupan dentro de un contenedor específico. Este valor es esencial para determinar la capacidad de almacenamiento y transporte necesario, así como para dimensionar contenedores y rutas de recolección.(CEPAL, 2024).

2.2. Estado de arte

La gestión de residuos y su reciclaje son aspectos cruciales para la sostenibilidad del planeta, pero siguen siendo desafíos pendientes. Diversos factores, como la sobrepoblación, las actividades humanas modernas y el consumismo, han contribuido a la acumulación creciente de residuos. Esta acumulación se atribuye principalmente al crecimiento económico, que puede generar un aumento en la generación de desechos y tener efectos negativos en el medio ambiente (Morocho et al., 2017).

Según Wang et al. (2018), se generan más de 1.300 millones de toneladas de basura municipal cada año en el mundo, y parece que para 2025 esa cantidad podría superar los 2.200 millones. Este incremento plantea grandes retos en cuanto a la gestión y eliminación de los residuos urbanos.

Por su parte Huamaní et al. (2020) plantean que el crecimiento poblacional sin una planificación adecuada es, una de las causas principales de este problema. Aunque es cierto que algunos gobiernos han mostrado interés en enfrentarlo, la verdad es que muchas de las inversiones públicas destinadas a limpieza no logran el efecto esperado. Un ejemplo claro se encuentra en Juliaca, una ciudad del sur de Perú, donde el Ministerio del Ambiente ha puesto en marcha dos proyectos para reducir el riesgo sanitario en sectores vulnerables. Estas comunidades, tanto urbanas como rurales, conviven con múltiples carencias: poco espacio, servicios básicos limitados, escasez de alimentos y enfermedades provocadas por el agua contaminada o la acumulación de desechos. Todo eso termina afectando sobre todo a la niñez, donde se han registrado tasas altas de mortalidad.

Por su parte García et al. (2019) plantean que el objetivo primordial es gestionar los residuos de manera integral, evitando su proliferación. En caso de que esto no sea posible, se busca minimizar su impacto aplicando el principio de las 3R (reducir, reutilizar, reciclar). Si aun así la mitigación resulta imposible, se debe contemplar la eliminación, y si el problema persiste, se debe considerar una eliminación permanente.

En Ecuador, una persona genera al día cerca de 0.9 kilogramos de basura. De todo lo que se produce en las zonas urbanas, un poco más de la mitad (54,9 %) son residuos orgánicos, mientras que el (45,1 %) restante corresponde a materiales inorgánicos. Algo importante a tener en cuenta es que no todos los municipios del país aplican procesos de separación desde el origen: solo el 34,9 % de los Gobiernos Autónomos Descentralizados lo están haciendo o han implementado algún sistema para ello. En cuanto a la recolección, cada día se recogen alrededor de 2.393 toneladas de desechos a nivel nacional. Y sobre dónde termina toda esa basura, la mayoría (54,5 %) va a rellenos sanitarios, una parte (28,2 %) se deposita en celdas emergentes y el resto (17,3 %) todavía acaba en botaderos (INEC, 2022).

Se han llevado a cabo investigaciones sobre la caracterización de los residuos sólidos urbanos en varias ciudades de Ecuador, estableciendo una base de datos fundamental para la gestión de residuos sólidos en los municipios del país. Como se puede apreciar en las Figuras 1 y 2, los datos recopilados en estos estudios de caracterización en distintas ciudades proporcionan información relevante sobre aspectos como la estratificación socioeconómica y la producción per cápita (PPC) de residuos.

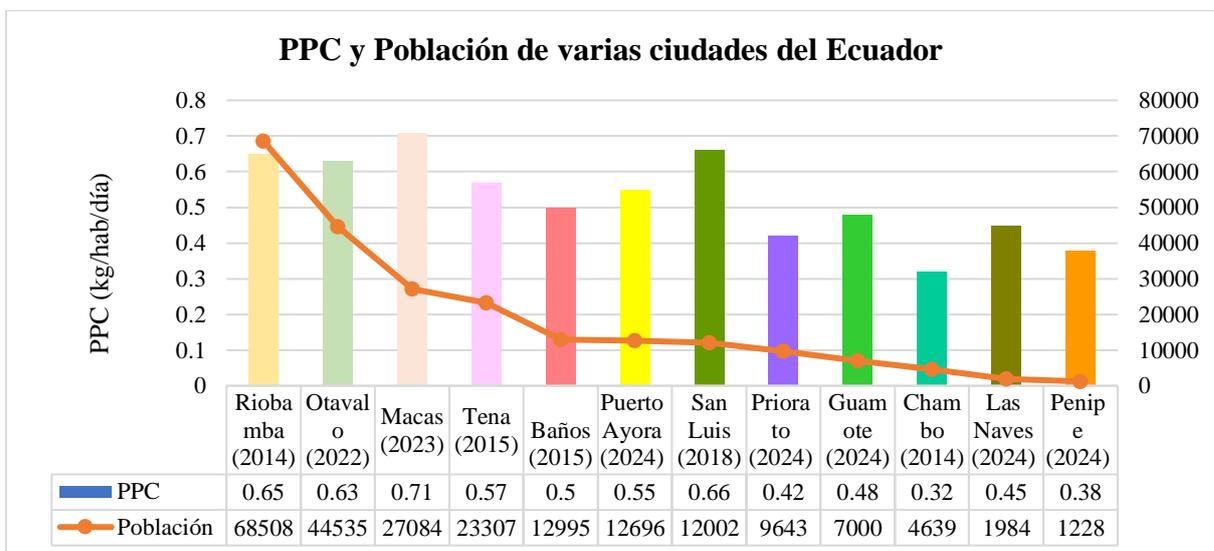


Figura 2. Relación entre la Producción Per Cápita y Población.

Fuente: (Arellano et al., 2024)

El análisis comparativo de la Producción Per Cápita (PPC) de residuos sólidos en diversas ciudades ecuatorianas muestra diferencias notables vinculadas al tamaño poblacional, nivel socioeconómico y actividades predominantes en cada localidad. Las ciudades con mayor población, como Riobamba y Otavaló, presentan valores elevados de PPC, lo que implica mayores demandas en sistemas de recolección y disposición de residuos. Por lo contrario, localidades pequeñas, como Chambo y Penipe, muestran un menor PPC, esto podría estar

vinculado a hábitos de vida más moderados, caracterizados por un consumo reducido, lo que a su vez contribuye a una menor generación de residuos. Sin embargo, existen excepciones como San Luis el PPC es elevado a pesar de su baja población, lo cual podría deberse a factores como un alto nivel de consumo, actividades económicas específicas que generen más residuos, o una mayor proporción de turismo o industrias en el área.

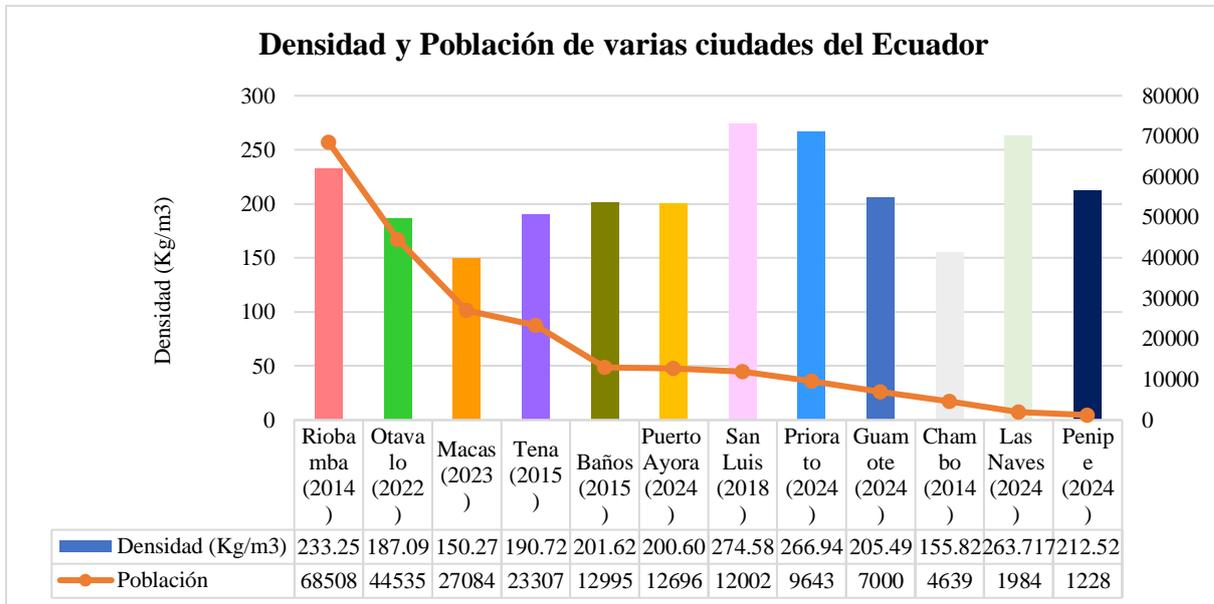


Figura 3. Densidad en relación con la población de ciudades del Ecuador.

Fuente: (Arellano et al., 2024)

La densidad de los residuos sólidos urbanos (kg/m^3) en relación con la población de distintas localidades en Ecuador muestra variaciones que influyen en el diseño de sistemas de manejo y disposición. En ciudades más pobladas, como Riobamba y Otavalo, se observan densidades menores en comparación con localidades más pequeñas, como San Luis y Priorato, posiblemente debido a la composición de los residuos y las actividades locales. Por otro lado, en localidades pequeñas como las Naves o San Luis, la densidad es mayor, probablemente debido a la menor presencia de materiales livianos y a un mayor contenido de residuos orgánicos o pesados. Estas diferencias tienen implicaciones técnicas importantes, ya que afectan la capacidad de almacenamiento, la frecuencia de recolección y el diseño de rutas y centros de disposición. Por ello, el conocimiento de estos indicadores es clave para una planificación eficiente y adaptada a las condiciones de cada territorio.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

En esta investigación se optó por un enfoque cuantitativo con alcance descriptivo, con el objetivo de analizar las condiciones urbanísticas y socioeconómicas de la parroquia Calpi y caracterizar los residuos sólidos generados. Se aplicaron técnicas estadísticas para evaluar la producción per cápita de residuos, identificar valores atípicos y determinar diferencias entre los grupos mediante análisis ANOVA y prueba de Tukey. La información fue recopilada mediante trabajo de campo estructurado, empleando instrumentos estandarizados que permiten cuantificar volumen, composición y densidad de los residuos sólidos urbanos. La **figura 3** presenta el modelo de los pasos a seguir para llevar a cabo la investigación.



Figura 4. Esquema Metodológico.

Fuente: (Bastidas, 2024)

3.2. Métodos y técnicas de recolección de datos

La recolección de datos se llevó a cabo siguiendo la metodología propuesta por Arellano et al. (2024), contenida en el libro “*Enfoque interdisciplinario para la gestión sustentable del agua potable y los desechos sólidos en Ecuador*”. Esta propuesta incluye procedimientos para la caracterización urbanística, la evaluación socioeconómica y la caracterización física de los residuos sólidos.

3.3. Población de estudio y tamaño de muestra

3.3.1. Población de estudio

La población analizada se localiza en la zona rural del Cantón Riobamba, abarcando 53 manzanas distribuidas entre 43 en la cabecera parroquial de Calpi y 10 en las comunidades de Asunción y Bayushi San Vicente. El análisis se realizó en estas áreas debido a que, según la distribución territorial, las comunidades están organizadas por manzanas. La población total asciende a aproximadamente 6.223 habitantes. Para determinar la muestra, las manzanas se categorizaron según niveles socioeconómicos.

3.3.2. Tamaño de la muestra

Para calcular el tamaño de la muestra, se utilizó la **Ec. 1** que se encuentra en el libro de (Arellano et al., 2024), la cual establece la relación entre el total de la población y el número mínimo de muestras requeridas. La ecuación 1 se expresa de la siguiente manera.

$$Y = 0.001X + 56.634 \quad \text{Ec.1}$$

Donde:

Y= Número mínimo de viviendas diarias para el estudio de residuos sólidos.

X= Población de la ciudad (miles de habitantes), en este caso 6.223 habitantes.

Cálculo:

$$Y = 0.001 * (6.223) + 56.634$$

$$Y_{(mínimo)} = 63 \text{ muestras}$$

El cálculo realizado determinó un mínimo de 63 muestras, a las cuales se incrementó un 30% para considerar posibles casos de deserción o falta de colaboración por parte de las viviendas.

$$Y_{(mínimo)} + 30\% = 82 \text{ muestras}$$

Con base en lo expuesto, se concluye que el tamaño final de la muestra es de 82 viviendas, determinado a partir de los estratos socioeconómicos identificados en el estudio de caracterización urbanística. Para el cálculo del número exacto de muestras por cada estrato socioeconómico se utilizó la **Ec. 2** y la **E. 3**

$$\text{Muestra del estrato } i = \%Mz_i * Y \quad \text{Ec.2}$$

$$\%Mz_i = \frac{\text{Número de muestras } i}{\text{Número total de manzanas residenciales}} \quad \text{Ec.3}$$

Donde:

i = Estrato socioeconómico (A, B, C o D)

$\%Mz_i$ = Porcentaje de manzanas del estrato i respecto al total

Y = Muestra representativa final.

3.4. Procesamiento y Análisis de datos

3.4.1. Caracterización Urbanística

De acuerdo con (Arellano et al., 2024), la categorización urbanística se establece considerando criterios como el número de edificaciones, el número de pisos, el estado de las fachadas y calzadas, y los servicios disponibles (**ver Anexo 1**). Basándose en estas características, se asigna una categoría a cada manzana, la cual recibe una puntuación según lo descrito en la **Tabla 1**, haciendo uso de la matriz propias de la metrología (**ver Anexo 3**).

Tabla 1. Categorización de una manzana

Rango	Categoría	Estrato Socioeconómico
≥ 300	A	Alto
299-200	B	Medio alto
199-100	C	Medio Bajo
$99 \leq$	D	Bajo

Adaptado de: (Arellano et al., 2024)

3.4.2. Caracterización Socioeconómica

Se llevó a cabo una encuesta a las familias seleccionadas de manera aleatoria para determinar el nivel socioeconómico de las viviendas. La encuesta incluye 21 preguntas diseñadas para recopilar información sobre las condiciones sociales y económicas de las personas (**ver Anexo 2**). No obstante, únicamente las preguntas 4, 5, 12, 13 y 14 se utilizan

para asignar puntuaciones y determinar el estrato socioeconómico de la muestra. La puntuación y la clasificación de las viviendas encuestadas se presentan en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Categorización de la vivienda encuestada

Rango	Categoría	Estrato Socioeconómico
100 - 75	A	De ingresos altos.
74 - 50	B	De ingresos mayores que el promedio.
49 - 25	C	De ingresos menores que el promedio.
24 - 0	D	De ingresos bajos.

Adaptado de: (Arellano et al., 2024)

Toda la información recopilada fue procesada y analizada utilizando el software Microsoft Excel 2019.

3.4.3. Procesamiento y análisis de datos para la Producción Per Cápita de RSU

Los datos del PPC de los residuos sólidos urbanos se obtendrán utilizando la técnica de muestreo y caracterización descrita por Arellano et al. (2024). Esta técnica permite calcular la Producción Per Cápita y las Densidades mediante los métodos de cuarteo y homogenización señalados en el estudio. La producción per cápita de residuos sólidos generada por las viviendas analizadas se calcula utilizando la **Ec. 4**, expresada en unidades de kg/hab/día.

$$PPC_{vivienda} = \frac{\text{Promedio de pesos de RS (Kg)}}{\text{Número de personas}} \quad \text{Ec.4}$$

El valor final de residuos sólidos urbanos (RSU) generados por los habitantes de la parroquia Calpi, se calcula como el promedio ponderado de la producción per cápita, utilizando la **Ec. 5**

$$PPC_{ponderado} = \frac{\%A}{100} * PPC_A + \frac{\%B}{100} * PPC_B + \frac{\%C}{100} * PPC_C + \frac{\%D}{100} * PPC_D \quad \text{Ec.5}$$

Donde:

$PPC_{ponderado}$ = Producción per cápita final.

PPC_i = Producción per cápita promedio de los días muestreados correspondientes al estrato socioeconómicos (A, B, C o D).

$\%A, \%B, \%C, \%D$ = Representa el porcentaje total de manzanas presentes en cada estrato.

3.4.4. Procesamiento y análisis de datos para la densidad suelta

La densidad suelta se determina registrando primero el peso del balde vacío, luego añadiendo la muestra de residuos sólidos urbanos (RSU) al balde y calculando la densidad como la relación entre el peso de los RSU y el volumen del balde utilizado. Esta relación se expresa mediante la **Ec. 6**.

$$\rho \left(\frac{kg}{m^3} \right) = \frac{\text{Peso solamente de RS (Kg)}}{\text{Volumen del balde (m}^3\text{)}} \quad \text{Ec.6}$$

La densidad ponderada se calcula a partir de la densidad suelta obtenida para cada estrato, utilizando la **Ec. 7**.

$$\rho_{ponderado} = \frac{\%A}{100} * \rho_A + \frac{\%B}{100} * \rho_B + \frac{\%C}{100} * \rho_C + \frac{\%D}{100} * \rho_D \quad \text{Ec.7}$$

Donde:

ρ = Densidad suelta para cada estrato socioeconómico.

$\rho_{ponderado}$ = Densidad suelta final de toda la muestra de estudio.

$\%A, \%B, \%C, \%D$ = Representa el porcentaje total de manzanas presentes en cada estrato.

3.4.5. Procesamiento y análisis de datos para los componentes de RSU

Según Arellano et al. (2024), el proceso consiste en dividir la muestra por estratos, seleccionando un cuadrante hasta obtener un peso aproximado de 5 a 7 kg. El peso se registra en la ficha correspondiente (**ver Anexo 4**) y luego se deposita en un balde de 50 litros. Los elementos se clasifican manualmente siguiendo las categorías descritas en las fichas de registro, tras lo cual se pesa cada uno de ellos.

La suma de los pesos de todos los componentes debe coincidir con el peso inicial de la muestra, permitiendo un margen de error máximo del 2%, según lo establecido en la **Ec. 8**.

$$\% \text{ de Error} = \left| \frac{X_e - Y_e}{X_e} \right| * 100 \quad \text{Ec.8}$$

Donde:

$\% \text{ de Error}$ = Porcentaje de error que no debe superar el 2%.

X_e = Peso de la funda proveniente del cuadrante de componentes, antes de separar sus componentes (gramos), del estrato socio económico (A, B, C o D).

Y_e = Suma de los pesos de todos los componentes del estrato socio económico (A, B, C o D) (gramos).

3.4.6. Análisis Estadístico para la Producción Per Cápita

El análisis estadístico incluyó la eliminación de datos atípicos relacionados con la Producción Per Cápita (PPC), con el propósito de obtener resultados más precisos y representativos. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el software MiniTab para evaluar si los promedios de las muestras presentan similitudes o diferencias. Este método permite determinar la existencia de variaciones significativas entre las medias.

En caso de que el análisis de varianza (ANOVA) detecte diferencias significativas entre las medias, se aplica la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, que identifica específicamente cuáles grupos difieren entre sí. La prueba de Tukey compara las medias de todos los pares posibles, proporcionando una interpretación más detallada y precisa de las diferencias detectadas, lo que facilita la comprensión de las relaciones entre los grupos evaluados (Cardoso & Veitía, 2008).

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización urbanística de la Parroquia Calpi

En la parroquia Calpi se realizó un análisis técnico de la distribución territorial, mediante el cual se identificaron comunidades que no están organizadas en manzanas. Para el estudio, se definieron 53 manzanas con los siguientes usos de suelo: educativo, gestión pública, parques, espacios recreativos, salud, iglesias, terrenos sin edificar y una categoría mixta para edificaciones con funciones residenciales y comerciales, como tiendas de abastos. De estas manzanas, 43 corresponden a la cabecera parroquial y 10 a las comunidades de Asunción y Bayushi San Vicente. Además, el análisis urbanístico permitió determinar tres estratos socioeconómicos (B, C, D), siendo el estrato C el de mayor presencia, como se detalla en la **Tabla 3** y en la **Figura 5**.

Tabla 3. Resultados de la estratificación urbanística

CATEGORIA	CANTIDAD	PORCENTAJE
A	0	0.00%
B	13	24.53%
C	35	66.04%
D	5	9.43%
TOTAL	53	100.00%

Fuente: (Bastidas, 2024)

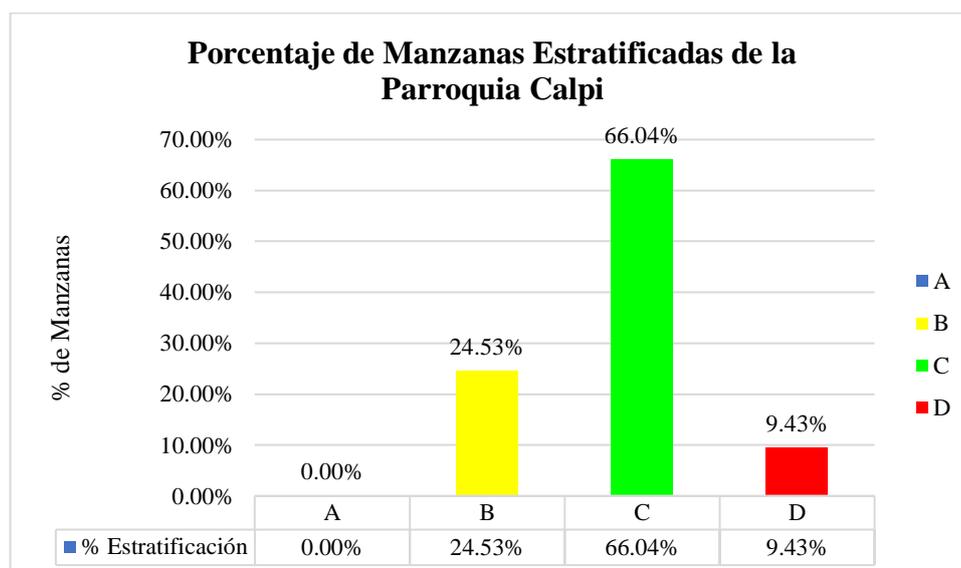


Figura 5. Porcentaje de Manzanas Estratificadas de la Parroquia Calpi.

Fuente: (Bastidas, 2024)

La categorización urbanística de la Parroquia Calpi permite analizar la distribución de los niveles socioeconómicos y urbanísticos del entorno, identificando una concentración predominante en un estrato particular. Esta clasificación divide las manzanas en tres estratos: B, C y D, según lo registrado en el mapa (**ver Figura 6**). Los resultados evidencian una mayor proporción del estrato C, lo que sugiere un nivel intermedio dentro de la estructura territorial, mientras que los estratos B y D ocupan áreas más limitadas en relación con sus características específicas. La ausencia del estrato A indica que no existen zonas urbanas con condiciones correspondientes a este nivel.

Este análisis permite entender mejor cómo está organizada territorialmente la parroquia de Calpi. La variedad que se observa en los distintos niveles de estratificación podría estar relacionada con aspectos como el grado de desarrollo, la disponibilidad de servicios básicos o el tipo de uso del suelo.

CATEGORIZACIÓN URBANÍSTICA DE LA PARROQUIA CALPI

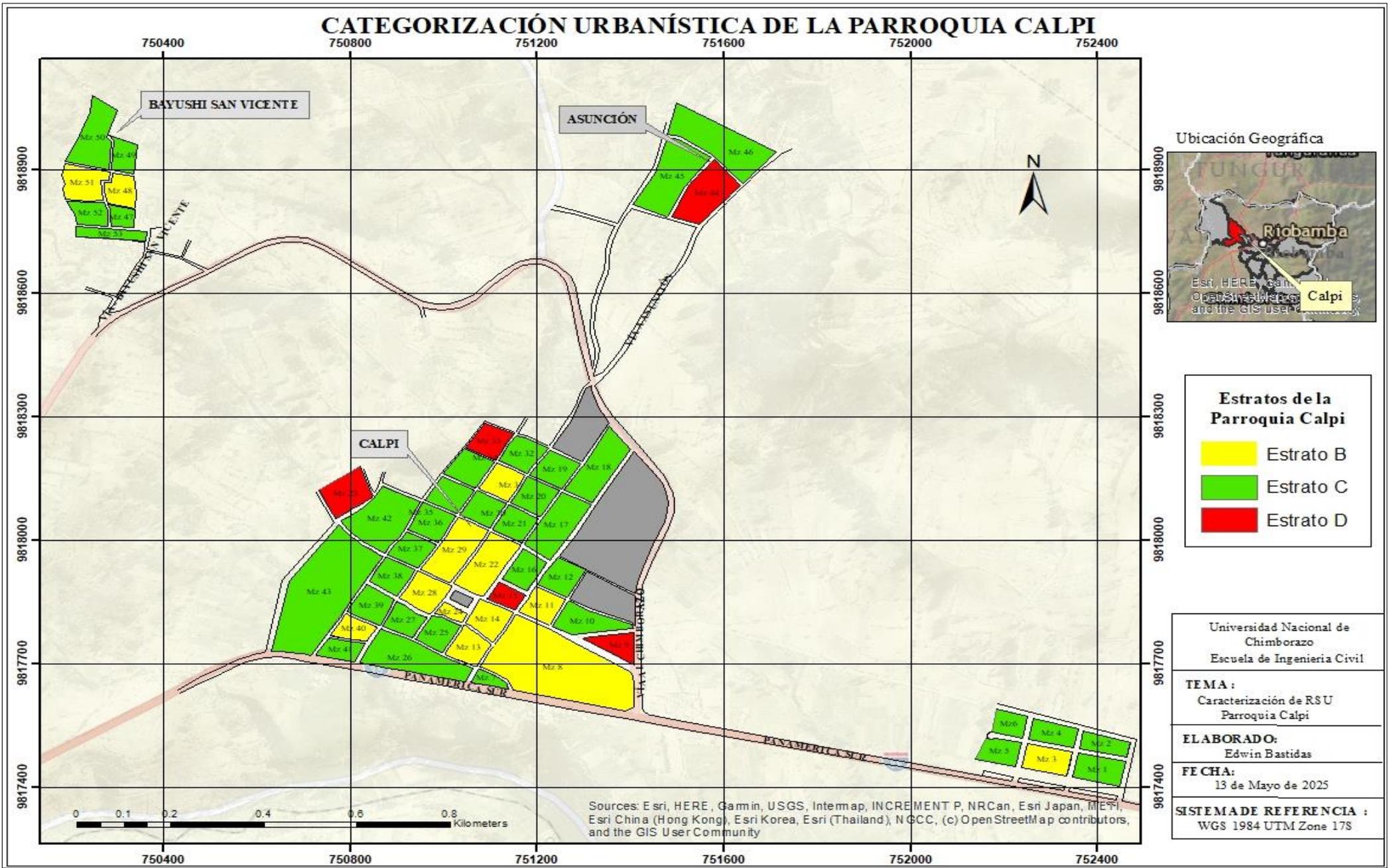


Figura 6. Determinación de los estratos de las manzanas en la Parroquia Calpi.

Fuente: (Bastidas, 2024)

En la **Figura 7**, se observa el análisis comparativo de la categorización urbanística entre la parroquia Calpi y la parroquia La Dolorosa de Priorato, perteneciente al cantón San Miguel de Ibarra. Este análisis toma en cuenta las poblaciones de cada zona, donde Calpi registra 6.223 habitantes y Priorato 9.643, permitiendo identificar patrones relacionados con el desarrollo urbano y la distribución de los estratos. Estas diferencias pueden asociarse a factores como la densidad poblacional, la disponibilidad de servicios y la planificación territorial aplicada en cada parroquia.

La población de Calpi, es menor en comparación con Priorato, podría incidir en una configuración urbanística menos diversa en cuanto a los niveles de estratificación. Esta diferencia demográfica puede limitar la complejidad del desarrollo urbano. En contraste, Priorato, al contar con una población más numerosa, tiende a presentar una mayor variedad en las características urbanas, lo cual podría explicarse por la mayor demanda de servicios y el uso del suelo.

Analizar la relación entre el tamaño poblacional y las condiciones socioeconómicas permite comprender mejor cómo estos factores influyen en los procesos de urbanización. A su vez, la comparación entre territorios brinda insumos relevantes para valorar hasta qué punto las políticas de ordenamiento territorial han sido efectivas y qué impacto han tenido en el desarrollo sostenible de las parroquias estudiadas.

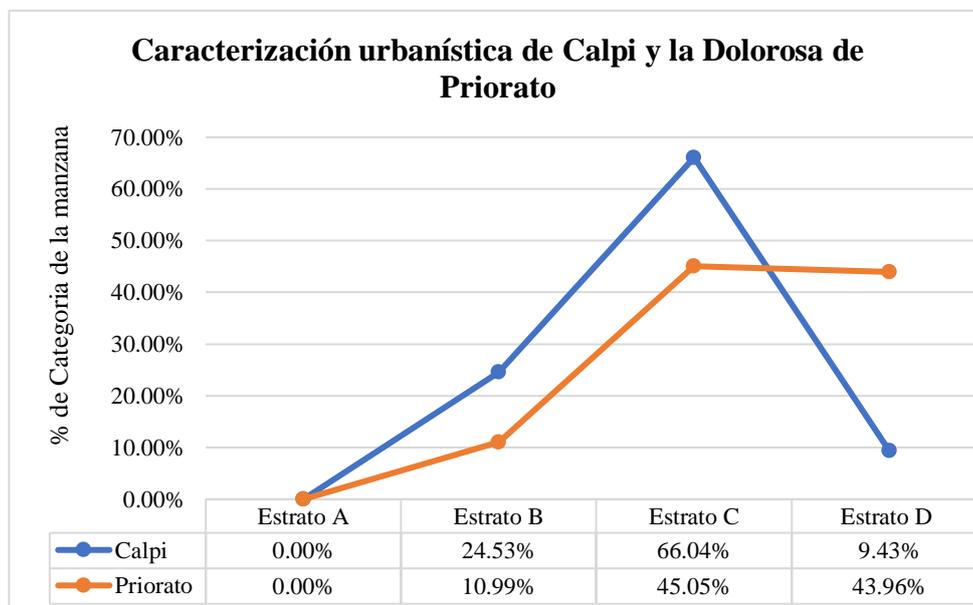


Figura 7. Comparación de la caracterización urbanística de Calpi y la Dolorosa de Priorato.

Fuente: (Bastidas, 2024)

4.2. Caracterización Socioeconómica de la Parroquia Calpi

La encuesta socioeconómica (ver Anexo 2) se aplicó de manera aleatoria a las viviendas ubicadas en las manzanas estratificadas, permitiendo así la caracterización social y económica de la ciudad. A partir de la Ec. 2, y considerando la muestra representativa final, que incluía un 30% adicional, junto con los resultados del porcentaje estratificado presentados en la Tabla 3, se determinó la cantidad precisa de encuestas a realizar en cada estrato socioeconómico.

La Tabla 4 presenta los resultados finales calculados, mientras que la Figura 8 muestra la el mapa de la Parroquia Calpi, de las viviendas seleccionadas para la encuesta según su estrato socioeconómico.

Tabla 4. Cantidad de encuestas realizadas en cada estrato socioeconómico

ESTRATO SOCIECONÓMICO	% ESTRATIFICADO	ENCUESTAS APLICADAS POR ESTRATO
A	0.00%	0
B	24.53%	20
C	66.04%	54
D	9.43%	8
TOTAL	100.00%	82

Fuente: (Bastidas, 2024)

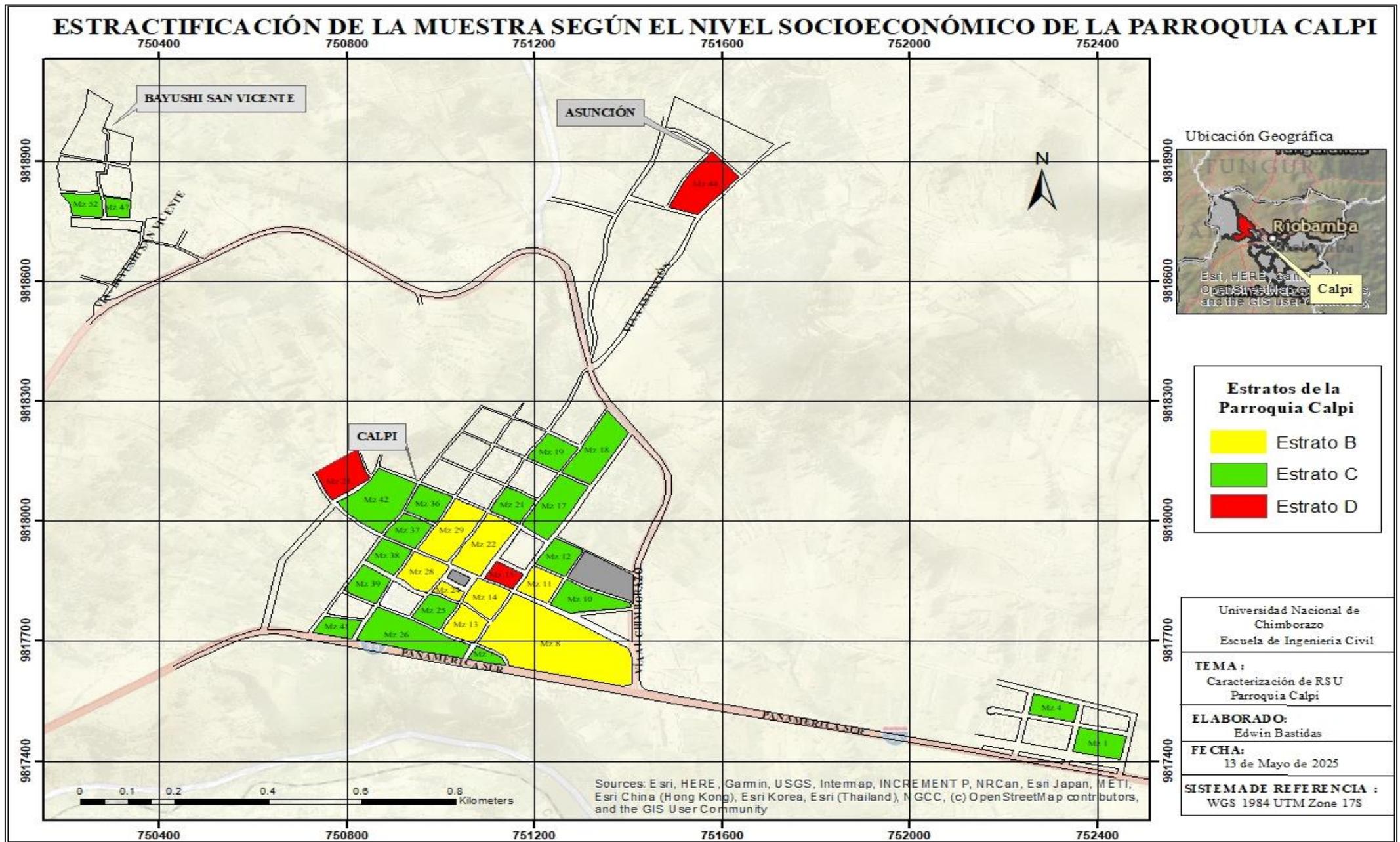


Figura 8. Manzanas delimitadas por estrato donde se realizaron las encuestas.

Fuente: (Bastidas, 2024)

Los resultados de la caracterización socioeconómica se encuentran en el (Anexo 5), donde se presenta la información de las personas encuestadas, el puntaje obtenido en la encuesta y la categoría asignada de acuerdo con la puntuación.

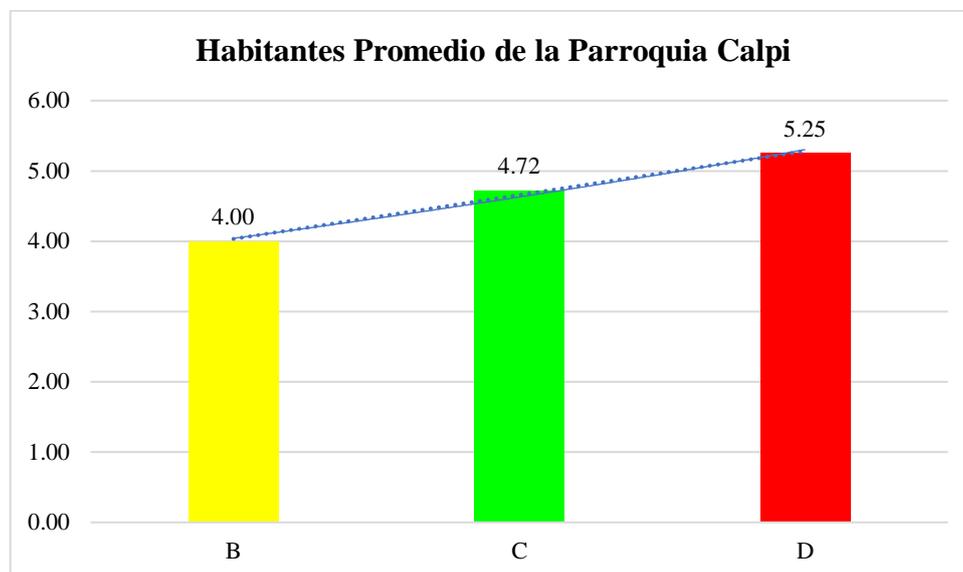


Figura 9. Promedio de habitantes por estrato.

Fuente: (Bastidas, 2024)

La gráfica muestra el promedio de habitantes por hogar en la parroquia Calpi, desglosado por estratos socioeconómicos (B, C y D). La línea de tendencia es ascendente, lo que indica un aumento en el número promedio de habitantes del estrato B al D. Según el análisis, existe una relación inversa entre el número de habitantes y el nivel de ingresos, lo que sugiere que los hogares con ingresos más bajos (estrato D) tienden a tener un mayor número de integrantes, mientras que los hogares con ingresos más altos (estrato B) presentan un menor número promedio de habitantes. Este comportamiento apoya la idea de que los hogares con menores ingresos tienden a tener una mayor cantidad de integrantes, posiblemente debido a limitaciones económicas que generan la necesidad de compartir espacios o por patrones culturales vinculados al tamaño familiar.

4.3. Producción Per Cápita de la Parroquia Calpi considerando valores atípicos

Los registros de los pesos diarios de residuos sólidos en kilogramos, obtenidos durante un período de siete días en las viviendas seleccionadas aleatoriamente, se presentan en las Tablas 5, 6 y 7. Estos datos incluyen la producción per cápita (PPC) expresada en kilogramos por habitante por día para las muestras B, C y D.

Tabla 5. Peso diario y Producción Per Cápita de RSU del estrato B

N.º	CÓD.	N.º HABITANTES	PESO [Kg]							PROMEDIO ARITMÉTICO	PPC (Kg/Hab/Día)
			D	L	M	X	J	V	S		
1	B-01	3	2.38	1.73	1.36	1.10	0.76	1.29	3.24	1.694	0.56
2	B-02	6	3.31	4.39	4.84	6.10	1.30	4.91	5.66	4.359	0.73
3	B-03	2	1.29	1.53	1.82	1.65	3.78	1.10	1.61	1.826	0.91
4	B-04	2	2.90	2.99	2.88	3.00	3.02	3.03	3.20	3.002	1.5
5	B-05	2	0.62	0.62	0.99	0.86	0.40	0.37	1.99	0.836	0.42
6	B-06	3	2.06	1.09	1.72	1.41	0.72	0.00	1.59	1.227	0.41
7	B-07	2	4.74	1.07	0.96	1.00	0.58	0.53	0.61	1.356	0.68
8	B-08	3	2.84	1.74	2.46	2.65	1.50	0.00	1.16	1.764	0.59
9	B-09	6	1.77	4.23	4.31	3.79	3.55	0.00	4.02	3.096	0.52
10	B-10	5	3.93	3.08	3.89	6.91	4.52	3.24	3.95	4.217	0.84
11	B-11	6	3.18	2.98	1.00	1.01	0.60	0.68	1.22	1.524	0.25
12	B-12	3	3.72	3.67	3.89	1.65	1.21	2.53	1.36	2.576	0.86
13	B-13	4	3.17	2.73	2.10	1.60	1.99	2.20	6.69	2.926	0.73
14	B-14	4	1.80	0.50	0.36	0.42	0.44	0.41	0.76	0.670	0.17
15	B-15	7	2.47	3.63	1.48	1.81	3.07	4.05	1.64	2.593	0.37
16	B-16	4	1.10	0.91	1.41	0.18	1.90	1.96	1.84	1.329	0.33
17	B-17	6	1.50	1.15	0.92	1.66	0.50	1.94	0.85	1.217	0.2
18	B-18	3	1.66	1.51	1.11	2.43	1.97	1.69	0.82	1.599	0.53
19	B-19	4	0.76	0.64	0.75	0.85	1.57	0.70	0.62	0.841	0.21
20	B-20	5	1.51	1.35	1.15	1.50	1.35	0.74	0.93	1.219	0.24

Fuente: (Bastidas, 2024)

Tabla 6. Peso diario y Producción Per Cápita de RSU del estrato C

N.º	CÓD.	N.º HABITANTES	PESO [Kg]							PROMEDIO ARITMÉTICO	PPC [Kg/Hab/Día]
			D	L	M	X	J	V	S		
21	C-01	4	1.78	0.87	1.09	1.13	0.70	0.75	2.54	1.266	0.32
22	C-02	7	1.84	2.07	1.73	1.21	2.13	0.00	0.16	1.306	0.19
23	C-03	6	3.23	1.73	1.97	1.41	0.88	0.70	0.76	1.526	0.25
24	C-04	8	0.37	0.33	0.17	0.23	0.37	0.89	0.52	0.411	0.05
25	C-05	4	1.32	0.65	0.92	0.63	5.08	0.30	3.14	1.720	0.43
26	C-06	4	3.87	2.79	3.63	3.20	2.18	1.83	1.39	2.699	0.67
27	C-07	6	5.26	3.90	2.31	1.95	5.31	3.96	5.37	4.009	0.67
28	C-08	7	1.96	1.99	1.25	1.14	1.85	1.66	1.87	1.674	0.24
29	C-09	2	1.99	1.87	1.10	1.50	1.90	3.18	1.93	1.923	0.96

30	C-10	5	0.35	0.70	0.82	0.25	0.30	0.96	2.52	0.843	0.17
31	C-11	4	0.84	0.34	2.15	4.40	1.04	1.16	0.78	1.530	0.38
32	C-12	3	0.48	1.69	0.62	0.59	0.42	0.42	1.60	0.831	0.28
33	C-13	3	2.55	0.16	0.18	0.61	0.18	0.15	0.16	0.570	0.19
34	C-14	3	2.99	2.36	2.05	2.92	2.13	2.34	2.03	2.403	0.8
35	C-15	6	3.55	2.85	3.28	3.15	4.25	5.01	5.68	3.967	0.66
36	C-16	4	0.73	2.94	3.19	2.73	0.59	2.62	0.61	1.916	0.48
37	C-17	4	0.60	4.59	3.30	3.06	2.56	2.59	1.12	2.546	0.64
38	C-18	7	5.20	2.65	5.74	2.81	5.21	4.58	1.09	3.897	0.56
39	C-19	4	2.43	2.44	1.23	2.22	2.15	2.73	3.31	2.359	0.59
40	C-20	4	3.11	1.44	1.95	2.03	2.12	2.30	2.60	2.220	0.55
41	C-21	9	3.14	2.41	3.64	2.92	2.17	3.50	0.78	2.651	0.29
42	C-22	4	2.29	0.96	1.98	1.21	1.65	0.54	1.66	1.470	0.37
43	C-23	3	2.69	1.26	3.09	1.56	2.54	0.48	1.95	1.939	0.65
44	C-24	2	1.29	1.91	1.25	1.02	0.36	0.97	0.84	1.091	0.55
45	C-25	5	2.20	1.76	1.98	1.91	2.11	1.52	1.48	1.851	0.37
46	C-26	7	3.43	1.62	0.29	0.47	0.75	0.00	2.28	1.263	0.18
47	C-27	4	2.80	1.96	1.29	0.63	0.74	1.78	1.46	1.523	0.38
48	C-28	4	1.47	1.49	1.64	1.26	0.82	1.37	1.77	1.403	0.35
49	C-29	3	2.67	2.76	0.69	0.96	0.78	0.69	0.54	1.299	0.43
50	C-30	5	5.34	4.52	0.49	1.55	1.03	0.87	0.94	2.106	0.42
51	C-31	4	0.78	0.40	1.21	1.08	0.92	1.05	0.61	0.864	0.22
52	C-32	5	1.84	1.66	1.88	1.22	1.27	1.47	1.53	1.553	0.31
53	C-33	6	3.23	3.63	3.06	3.41	3.88	1.62	3.99	3.260	0.54
54	C-34	7	1.92	3.32	2.82	2.41	1.94	3.02	0.77	2.314	0.33
55	C-35	6	2.12	2.40	1.19	1.13	0.77	1.17	2.20	1.569	0.26
56	C-36	5	1.82	1.07	1.41	1.45	1.06	0.95	1.86	1.374	0.27
57	C-37	7	2.26	0.57	1.58	0.92	0.68	0.32	2.55	1.269	0.18
58	C-38	4	2.44	0.68	0.41	0.36	0.31	0.71	1.10	0.859	0.21
59	C-39	3	2.55	4.02	4.04	1.91	3.55	4.00	2.22	3.184	1.06
60	C-40	4	0.90	0.92	1.71	1.74	0.76	3.78	2.33	1.734	0.43
61	C-41	6	3.01	1.72	2.00	0.61	1.01	1.20	0.38	1.419	0.24
62	C-42	5	2.49	2.55	2.14	4.00	1.58	2.05	1.49	2.329	0.47
63	C-43	3	1.22	0.55	0.58	1.03	1.23	2.12	1.47	1.171	0.39
64	C-44	4	1.52	1.00	1.45	1.62	1.52	1.32	1.38	1.401	0.35
65	C-45	6	1.70	0.38	1.66	1.25	1.72	1.15	1.25	1.301	0.22
66	C-46	5	1.21	1.32	1.40	1.15	1.09	1.60	2.11	1.411	0.28
67	C-47	4	1.99	2.17	2.44	2.14	2.50	2.21	2.32	2.253	0.56
68	C-48	6	1.86	1.62	1.65	2.04	2.47	1.92	1.95	1.930	0.32

69	C-49	3	1.03	3.48	2.25	2.15	2.02	2.32	2.45	2.243	0.75
70	C-50	4	1.06	0.82	0.85	1.24	1.67	1.12	1.15	1.130	0.28
71	C-51	5	2.08	1.48	1.56	1.31	1.47	1.70	1.54	1.591	0.32
72	C-52	3	0.84	1.01	1.80	1.55	1.29	1.38	1.45	1.331	0.44
73	C-53	5	1.08	1.24	1.50	1.02	0.89	0.77	1.13	1.090	0.22
74	C-54	4	1.66	1.50	1.40	0.91	0.22	1.31	1.62	1.231	0.31

Fuente: (Bastidas;2024)

Tabla 7. Peso diario y Producción Per Cápita de RSU del estrato D

N.º	CÓD.	N.º HABITANTES	PESO [Kg]							PROMEDIO ARITMÉTICO	PPC [Kg/Hab/Día]
			D	L	M	X	J	V	S		
75	D-01	8	4.03	6.12	4.71	6.39	6.57	5.55	3.45	5.260	0.66
76	D-02	4	3.09	3.85	3.76	3.21	3.62	3.30	3.05	3.411	0.85
77	D-03	5	4.77	5.46	3.18	3.21	3.61	4.71	4.74	4.240	0.85
78	D-04	5	0.88	1.46	1.50	0.41	0.38	1.13	4.19	1.421	0.28
79	D-05	5	1.21	1.70	1.48	0.56	0.81	2.70	1.48	1.420	0.28
80	D-06	6	2.41	2.92	1.09	2.00	1.71	2.84	0.20	1.881	0.31
81	D-07	5	2.22	1.33	1.47	2.35	2.43	2.16	2.32	2.040	0.41
82	D-08	4	1.20	1.50	1.10	0.80	1.45	0.80	0.60	1.064	0.27

Fuente: (Bastidas;2024)

En el proceso de pesaje de las muestras diarias se identificaron distintos inconvenientes, los cuales se encuentran descritos en el libro “*Enfoque interdisciplinario para la gestión sustentable del agua potable y de los desechos sólidos en Ecuador*”, página 64. A continuación, se expone la relación de estos problemas:

- En ciertos días, no se obtuvieron muestras diarias de las residencias muestreadas, registrándose 3 casos en el estrato B y 4 en el estrato C. Para solucionar esta situación, se decidió dividir las muestras disponibles en dos partes y asignar una fracción al día anterior sin registro.
- La muestra C-39 registro un nivel elevado de residuos sólidos, por este motivo, se revisó la ficha socioeconómica correspondiente. Al verificar el uso de la vivienda, se identificó que, además de ser una residencia, en el lugar funciona un pequeño negocio familiar. El señor Luis Salcán y su esposa se dedican a la venta de papas fritas, actividad que explica la presencia considerable de cáscaras de papa y otros restos vegetales observados durante la recolección.

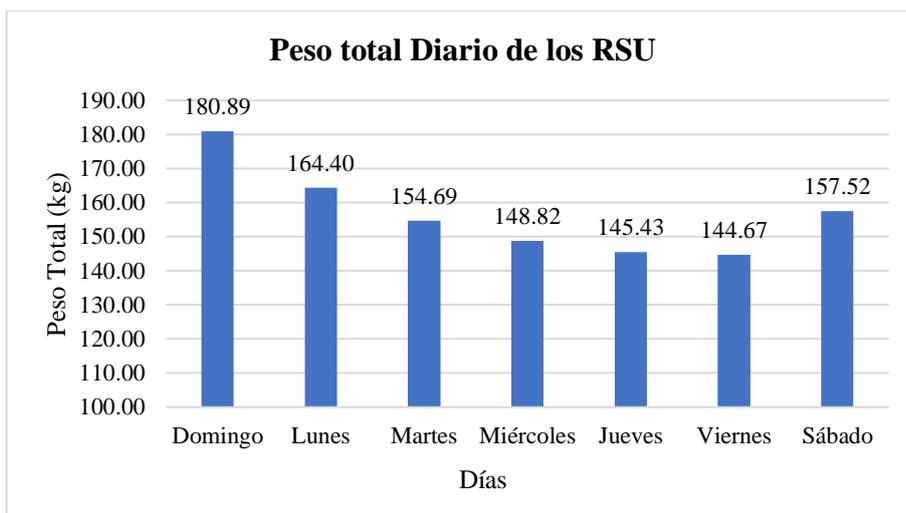


Figura 10. *Peso total diario de los RSU.*

Fuente: (Bastidas, 2024)

En la **Figura 10**, los fines de semana suelen estar marcados por un mayor movimiento de personas, lo que puede generar un incremento en la producción de residuos debido a un aumento en el consumo de bienes y servicios. En contraste, los días laborables tienden a reflejar una generación más estable de residuos, influenciada por las rutinas diarias y la menor concentración de actividades recreativas.

El análisis de estos patrones resulta esencial para la planificación y optimización del manejo de residuos. Comprender en qué momentos se genera una mayor cantidad de desechos permite mejorar la eficiencia en la recolección, distribución de recursos y estrategias de reducción de residuos.

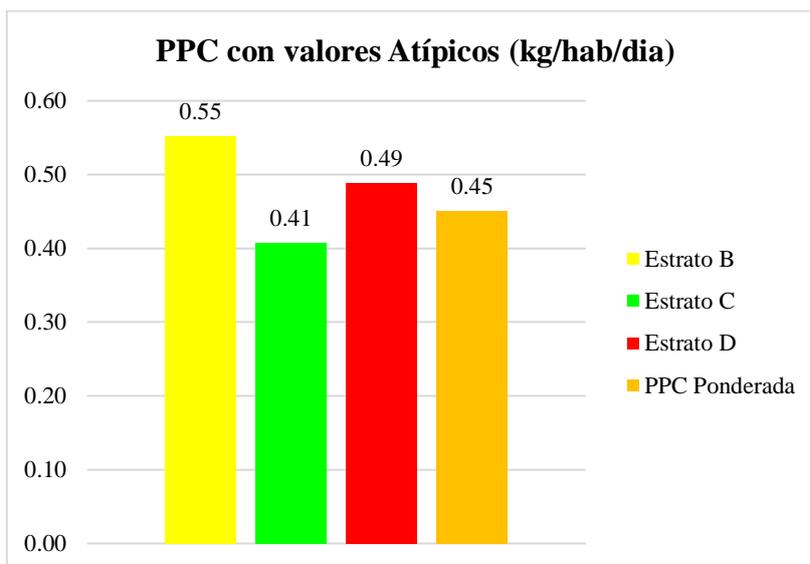


Figura 11. *PPC con valores atípicos de los estratos B, C y D.*

Fuente: (Bastidas, 2024)

La **Figura 11** se presenta la Producción Per Cápita (PPC) correspondiente a los estratos socioeconómicos B, C y D. Asimismo, se señala que el valor de la PPC ponderada para la parroquia Calpi, es de 0.45 kg/hab/día. Cabe mencionar que dicho valor incluye registros atípicos, los cuales inciden en el cálculo del resultado final.

La gráfica permitió identificar variaciones significativas en los niveles de generación de residuos, lo que sugiere la presencia de factores sociales y estructurales que influyen en esta variabilidad. En particular, se evidenció que el estrato A presenta un PPC notablemente más alto. Este tipo de análisis resulta clave para interpretar los patrones de generación y, al mismo tiempo, orienta el diseño de estrategias de gestión que respondan a las características específicas de cada estrato.

4.4. Producción Per Cápita de la Parroquia Calpi sin valores atípicos

El software estadístico Minitab se usó en el próximo paso para registrar los valores de Producción Per Cápita (PPC) y representarlos en un diagrama de cajas y bigotes. Basándose en esta representación, se identificaron los valores que no cumplen el rango permitido y se excluyeron de los cálculos, tras lo cual se procedió al cálculo de un nuevo valor de PPC ponderado.

Tabla 8. Valores atípicos de producción per cápita del estrato B

N.º	Código de la casa	Producción Per Cápita diaria [Kg/hab/día]						
		Dom	Lun	Mar	Mier	Jue	Vie	Sáb
1	B-01	0.793	0.577	0.453	0.367	0.253	0.430	1.080
2	B-02	0.552	0.732	0.807	1.017	0.217	0.818	0.943
3	B-03	0.645	0.765	0.910	0.825	1.890	0.550	0.805
4	B-04	1.450	1.493	1.438	1.501	1.511	1.515	1.600
5	B-05	0.310	0.310	0.495	0.430	0.200	0.185	0.995
6	B-06	0.687	0.363	0.573	0.470	0.240	0.000	0.530
7	B-07	2.370	0.535	0.480	0.500	0.290	0.265	0.305
8	B-08	0.947	0.580	0.820	0.883	0.500	0.000	0.387
9	B-09	0.295	0.705	0.718	0.632	0.592	0.000	0.670
10	B-10	0.786	0.616	0.778	1.382	0.904	0.648	0.790
11	B-11	0.530	0.497	0.167	0.168	0.100	0.113	0.203
12	B-12	1.240	1.223	1.297	0.550	0.403	0.843	0.453
13	B-13	0.793	0.683	0.525	0.400	0.498	0.550	1.673
14	B-14	0.450	0.125	0.090	0.105	0.110	0.103	0.190
15	B-15	0.353	0.519	0.211	0.259	0.439	0.579	0.234
16	B-16	0.275	0.228	0.353	0.045	0.475	0.490	0.460

17	B-17	0.250	0.192	0.153	0.277	0.083	0.323	0.142
18	B-18	0.553	0.503	0.370	0.810	0.657	0.563	0.273
19	B-19	0.190	0.160	0.188	0.213	0.393	0.175	0.155
20	B-20	0.302	0.270	0.230	0.300	0.270	0.148	0.186

Fuente: (Bastidas, 2024)

Tabla 9. Valores atípicos de producción per cápita del estrato C

N.º	Código de la casa	Producción Per Cápita diaria [Kg/hab/día]						
		Dom	Lun	Mar	Mier	Jue	Vie	Sáb
21	C-01	0.445	0.218	0.273	0.283	0.175	0.188	0.635
22	C-02	0.263	0.296	0.247	0.173	0.304	0.000	0.023
23	C-03	0.538	0.288	0.328	0.235	0.147	0.117	0.127
24	C-04	0.046	0.041	0.021	0.029	0.046	0.111	0.065
25	C-05	0.330	0.163	0.230	0.158	1.270	0.075	0.785
26	C-06	0.968	0.698	0.908	0.800	0.545	0.458	0.348
27	C-07	0.877	0.650	0.385	0.325	0.885	0.660	0.895
28	C-08	0.280	0.284	0.179	0.163	0.264	0.237	0.267
29	C-09	0.993	0.935	0.550	0.751	0.948	1.590	0.965
30	C-10	0.070	0.140	0.164	0.050	0.060	0.192	0.504
31	C-11	0.210	0.085	0.538	1.100	0.260	0.290	0.195
32	C-12	0.160	0.563	0.207	0.197	0.140	0.140	0.533
33	C-13	0.850	0.053	0.060	0.203	0.060	0.050	0.053
34	C-14	0.997	0.787	0.683	0.973	0.710	0.780	0.677
35	C-15	0.592	0.475	0.547	0.525	0.708	0.835	0.947
36	C-16	0.183	0.735	0.798	0.683	0.148	0.655	0.153
37	C-17	0.150	1.148	0.825	0.765	0.640	0.648	0.280
38	C-18	0.743	0.379	0.820	0.401	0.744	0.654	0.156
39	C-19	0.608	0.610	0.308	0.555	0.538	0.683	0.828
40	C-20	0.778	0.360	0.487	0.506	0.530	0.574	0.650
41	C-21	0.349	0.268	0.404	0.324	0.241	0.389	0.087
42	C-22	0.573	0.240	0.495	0.303	0.413	0.135	0.415
43	C-23	0.897	0.420	1.030	0.520	0.847	0.160	0.650
44	C-24	0.645	0.955	0.625	0.510	0.180	0.485	0.420
45	C-25	0.440	0.352	0.396	0.382	0.422	0.304	0.296
46	C-26	0.490	0.231	0.041	0.067	0.107	0.000	0.326
47	C-27	0.700	0.490	0.323	0.158	0.185	0.445	0.365
48	C-28	0.368	0.373	0.410	0.315	0.205	0.343	0.443
49	C-29	0.890	0.920	0.230	0.320	0.260	0.230	0.180
50	C-30	1.068	0.904	0.098	0.310	0.206	0.174	0.188
51	C-31	0.195	0.100	0.303	0.270	0.230	0.263	0.153

52	C-32	0.368	0.332	0.376	0.244	0.254	0.294	0.306
53	C-33	0.538	0.605	0.510	0.568	0.647	0.270	0.665
54	C-34	0.274	0.474	0.403	0.344	0.277	0.431	0.110
55	C-35	0.353	0.400	0.198	0.188	0.128	0.195	0.367
56	C-36	0.364	0.214	0.282	0.290	0.212	0.190	0.372
57	C-37	0.323	0.081	0.226	0.131	0.097	0.046	0.364
58	C-38	0.610	0.170	0.103	0.090	0.078	0.178	0.275
59	C-39	0.850	1.340	1.347	0.637	1.183	1.333	0.740
60	C-40	0.225	0.230	0.428	0.435	0.190	0.945	0.583
61	C-41	0.502	0.287	0.333	0.102	0.168	0.200	0.063
62	C-42	0.498	0.510	0.428	0.800	0.316	0.410	0.298
63	C-43	0.407	0.183	0.193	0.343	0.410	0.707	0.490
64	C-44	0.380	0.250	0.363	0.405	0.380	0.330	0.345
65	C-45	0.283	0.063	0.277	0.208	0.287	0.192	0.208
66	C-46	0.242	0.264	0.280	0.230	0.218	0.320	0.422
67	C-47	0.498	0.543	0.610	0.535	0.625	0.553	0.580
68	C-48	0.310	0.270	0.275	0.340	0.412	0.320	0.325
69	C-49	0.343	1.160	0.750	0.717	0.673	0.773	0.817
70	C-50	0.265	0.205	0.213	0.310	0.418	0.280	0.288
71	C-51	0.416	0.296	0.312	0.262	0.294	0.340	0.308
72	C-52	0.280	0.337	0.600	0.517	0.430	0.460	0.483
73	C-53	0.216	0.248	0.300	0.204	0.178	0.1540	0.226
74	C-54	0.415	0.375	0.350	0.228	0.055	0.3275	0.405

Fuente: (Bastidas, 2024)

Tabla 10. Valores atípicos de producción per cápita del estrato D

N.º	Código de la casa	Dom	Producción Per Cápita diaria (Kg/hab/día)					
			Lun	Mar	Mier	Jue	Vie	Sáb
75	D-01	0.504	0.765	0.589	0.799	0.821	0.694	0.431
76	D-02	0.773	0.963	0.940	0.803	0.905	0.825	0.763
77	D-03	0.954	1.092	0.636	0.642	0.722	0.942	0.948
78	D-04	0.176	0.292	0.300	0.082	0.076	0.226	0.838
79	D-05	0.242	0.340	0.296	0.112	0.162	0.540	0.296
80	D-06	0.402	0.487	0.182	0.333	0.285	0.473	0.033
81	D-07	0.444	0.27	0.294	0.47	0.49	0.43	0.464
82	D-08	0.300	0.38	0.275	0.20	0.36	0.20	0.15

Fuente: (Bastidas, 2024)

En el caso del estrato B, los registros de la PPC mostraron una considerable dispersión entre las viviendas, con conductas diferenciales entre los respectivos días de la semana. A través de la implementación del gráfico de caja y bigotes, se distinguen 4 valores atípicos. Las viviendas B-03, B-04, B-07 y B-13 registran volúmenes elevados de residuos que superan el rango establecido para el estrato. En conjunto, estas viviendas aportaron una mayor cantidad de residuos, lo cual podría indicar posibles irregularidades en los patrones diarios de generación. Dichas variaciones podrían estar asociadas al comportamiento del hogar, ausencia temporal de sus habitantes o acumulación previa de residuos. En el estrato C se identifican varios casos con valores fuera del rango típico. Que presentan valores que se elevan de forma considerable respecto al resto. Un ejemplo claro de esta variabilidad lo representa la vivienda C-39, donde el señor Luis Salcan y su esposa tienen un negocio de papas fritas; en la recolección de residuos se evidenció una gran cantidad de cáscaras de papa y restos de verduras como lechuga, lo cual podría explicar un valor alto en los datos para esta vivienda, dada su actividad económica intensiva en residuos orgánicos, contribuyendo así a los valores extremos del estrato.

4.4.1. Análisis de Varianza ANOVA-Prueba Tukey para la Producción Per Cápita

El análisis de varianza ANOVA aplicado a la Producción Per Cápita (PPC) entre los estratos B, C y D permite evaluar si existen diferencias significativas en las medias de generación de residuos entre estos grupos. Con un valor p de 0.000, menor al nivel de significancia $\alpha = 0.05$, lo que indica que se rechaza la hipótesis nula de que todas las medias son iguales, y se concluye que **al menos una media difiere significativamente de las demás**. De acuerdo con la prueba Tukey, el **estrato C**, se distingue estadísticamente al conformar el grupo (B) en cuanto a la producción per cápita. Por su parte, los estratos B y D comparten la misma agrupación (A), lo que indica que sus niveles de producción no presentan diferencias significativas entre sí. Estas diferencias pueden observarse claramente en la gráfica de intervalos de confianza (**ver figura 12**).

Tabla 11. Resultados de la prueba Tukey para la producción per cápita en los estratos B, C Y D de la Parroquia Calpi

Parroquia	Valor F	Valor P
Calpi	12.52	0.000
Estrato	Media o PPC (kg/hab/día)	Agrupación
ESTRATO D	0.49	A
ESTRATO B	0.51	A
ESTRATO C	0.39	B

Fuente: (Bastidas, 2024)

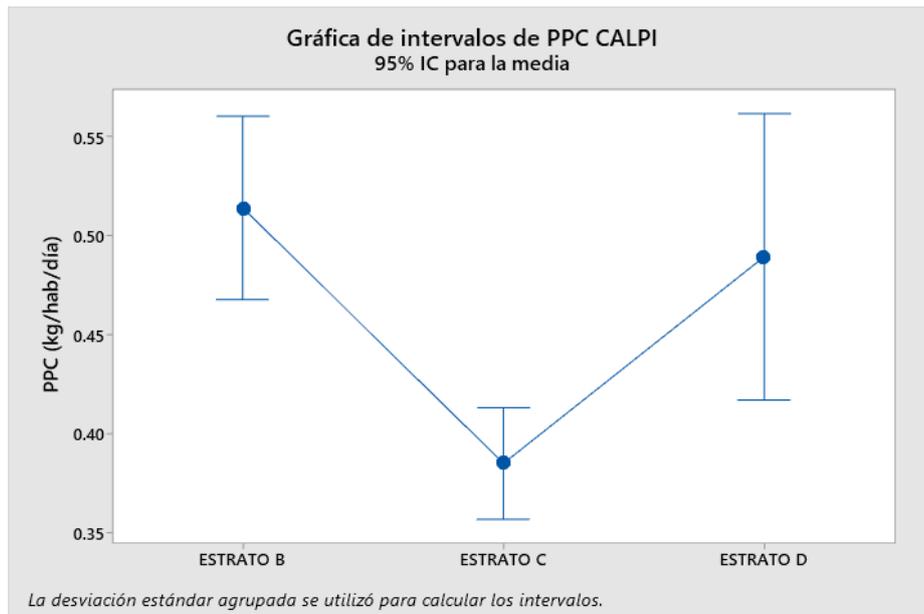


Figura 12. Análisis comparativo de la producción per cápita de los estratos B, C y D.

Fuente: (Bastidas, 2024)

Cómo se demuestra en la siguiente figura (ver **Figura 13**), a pesar de tener el menor número de integrantes por hogar, el estado B tiene el valor más alto de generación de residuos por residente (0,51 kg/hab/día), esto indica que la capacidad de adquirir bienes tiene un impacto directo en la cantidad de residuos generados por persona, seguido del estrato D (0.49 kg/hab/día) y finalmente el estrato C (0.39 kg/hab/día). Este comportamiento indica que, aunque los hogares de estrato D tienen más habitantes, generan menos residuos por persona en comparación con los de estrato B, donde un menor número de personas produce más residuos individualmente.

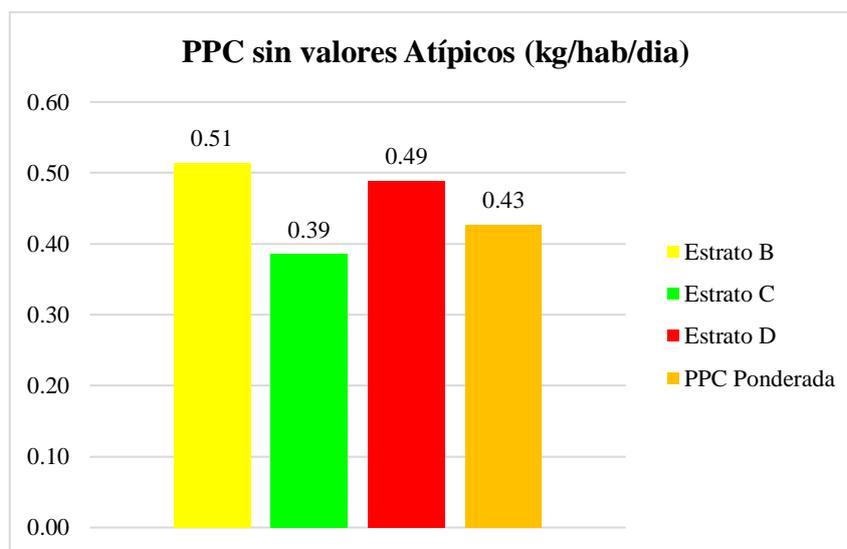


Figura 13. PPC real de los estratos A, B, C Y D.

Fuente: (Bastidas, 2024)

4.4.2. PPC de RSU de la Parroquia Calpi según diferentes autores

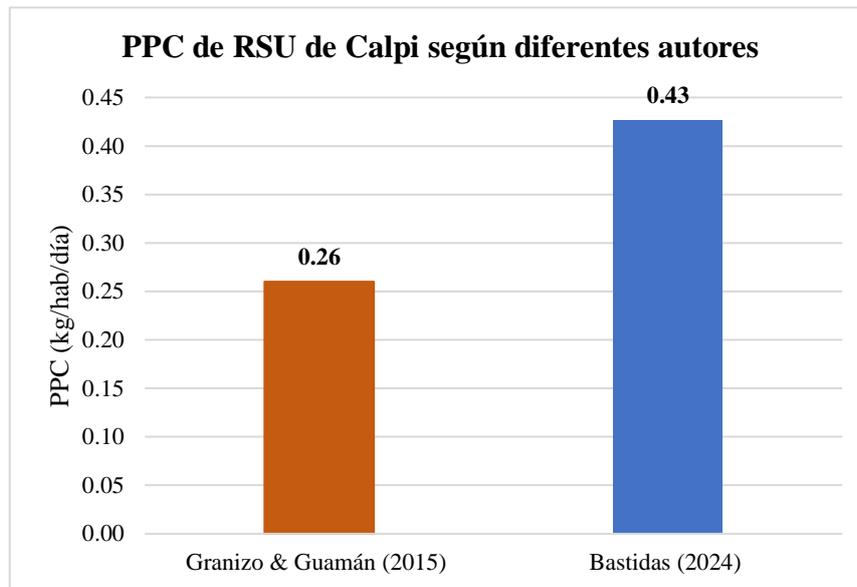


Figura 14. PPC de RSU de Calpi según diferentes autores.

Fuente: Bastidas (2024)

La **Figura 14**, compara los valores de PPC de residuos sólidos urbanos en la parroquia Calpi registrados por Granizo & Guamán (2015), con un valor de 0,26 kg/hab/día, y Bastidas (2025), con un valor actualizado de 0,43 kg/hab/día. Esta diferencia refleja un incremento en la cantidad de residuos generados por los habitantes a lo largo del tiempo.

Este comportamiento puede estar relacionado con factores como el aumento de la población, el cambio de estilo de vida y el desarrollo económico de la parroquia. El aumento de la cantidad de residuos sólidos implica una carga adicional para las autoridades de la parroquia y del cantón Riobamba en relación con los sistemas de gestión y disposición final de los residuos. De no contar con una planificación adecuada, esta situación puede ocasionar impactos en el medio ambiente y en la salud pública. Por ello, se considera necesario implementar medidas sostenibles que permitan manejar esta problemática de manera integral, con el fin de preservar el entorno y la salud de la población.

4.4.3. PPC de RSU de tres localidades del Ecuador relacionados con la población

En la **Figura 15**, muestra la Producción Per Cápita (PPC) de residuos sólidos urbanos en tres localidades del Ecuador (Calpi, Guamote y Priorato), junto con la población correspondiente. Según Villa (2023) y Quilumba & Vaca (2024), señalan que la producción per cápita de residuos sólidos puede estar relacionada con varios factores, como la falta de separación en la fuente, la ausencia de clasificación de residuos antes de su disposición final y los hábitos de consumo de la población.

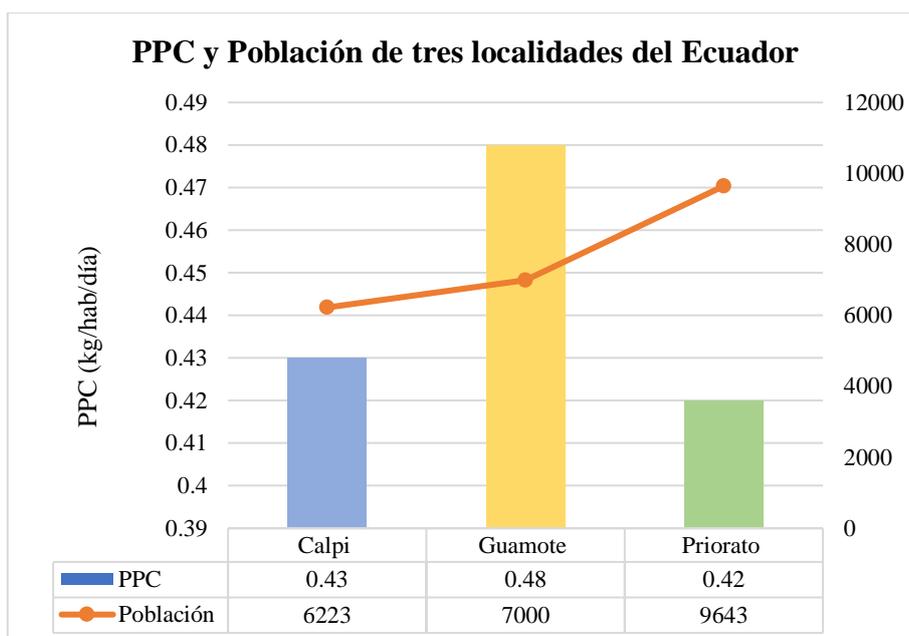


Figura 15. PPC y Población de tres localidades del Ecuador.

Fuente: Bastidas (2024)

Estos resultados permiten considerar cómo la cantidad de personas que conforman un hogar puede influir en la cantidad de residuos generados por individuo. Cuando más personas comparten un hogar, es posible que se aprovechen mejor los recursos o se generen menos residuos por persona. Por eso, a pesar de que Priorato es la localidad con mayor población, su PPC es la más baja. En cambio, Guamote, con hogares más pequeños en promedio, registra la mayor generación de residuos por habitante.

4.5. Densidad Suelta de RSU de la Parroquia Calpi

La **Tabla 12** presenta los valores correspondientes a las densidades sueltas obtenidas a lo largo de siete días consecutivos de muestreo.

Tabla 12. Valores de densidad suelta de los residuos sólidos en los estratos A, B, C y D

Estrato	Densidad Suelta Diaria (kg/m ³)							Densidad suelta promedio (kg/m ³)
	Domingo 13/10/2024	Lunes 14/10/2024	Martes 15/10/2024	Miércoles 16/10/2024	Jueves 17/10/2024	Viernes 18/10/2024	Sábado 19/10/2024	
B	161.52	82.35	80.22	155.57	122.39	181.61	58.30	120.28
C	128.83	118.78	94.83	79.00	98.96	167.52	79.30	109.60
D	106.17	114.65	169.48	87.09	69.52	164.00	68.91	111.40

Fuente: Bastidas (2024)

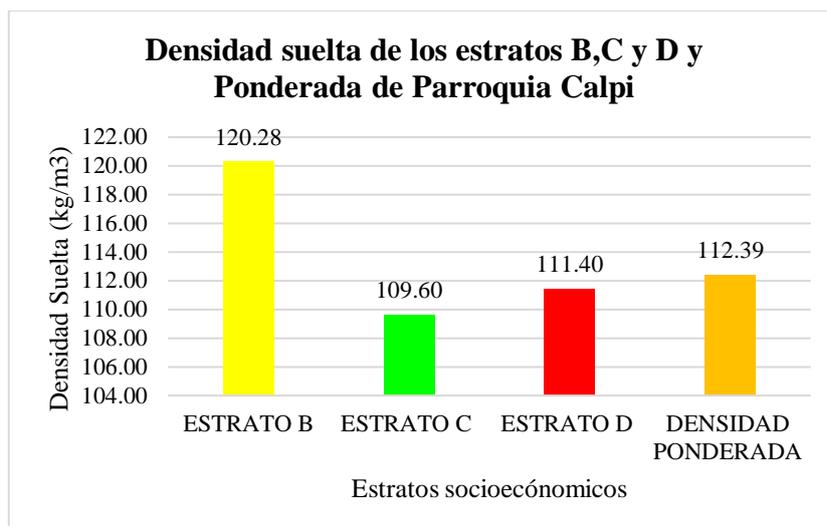


Figura 16. Comparación de las densidades sueltas promedio y ponderada de los estratos A, B, C y D.

Fuente: Bastidas (2024)

En la **Figura 16** se puede observar que la densidad suelta promedio de los residuos generados en los estratos B, C y D de la parroquia Calpi. Los resultados indican que el estrato B presenta la densidad más alta, con 120.28 kg/m³, seguido por el estrato D con 111.40 kg/m³, y el estrato C con 109.60 kg/m³. La densidad ponderado general para la parroquia es de 112.39 kg/m³.

Estas diferencias reflejan cómo varían las características de los residuos según el estrato. Por ejemplo, una mayor densidad implica que los residuos ocupan menos espacio en relación con su peso, lo cual puede facilitar su almacenamiento y transporte. En cambio, una densidad más baja hace que los residuos necesiten más espacio para ser manejados, lo que representa un desafío logístico para su recolección y disposición.

La determinación de la densidad suelta de los residuos sólidos en cada zona permite adaptar la planificación del manejo de residuos a las características específicas de cada sector. Esta información resulta clave para optimizar la organización de las rutas de recolección, dimensionar adecuadamente los contenedores y proyectar de forma más eficiente los espacios destinados a la disposición final.

4.6. Composición física de RSU de la Parroquia Calpi

Para determinar la composición física de los residuos sólidos en la zona de estudio, se empleó el método de cuarteo y homogenización, siguiendo los lineamientos descritos en la página 74 del libro de referencia. Se recolectaron muestras de entre 5 y 7 kilogramos por cada estrato, con el propósito de identificar los distintos componentes presentes en los residuos. Los

resultados correspondientes a los 25 componentes recolectados durante siete días consecutivos se presentan en las Tablas 14, 15 y 16.

Tabla 13. Clasificación física de los residuos sólidos generados en el estrato B

COMPONENTES [g]	Dom	Lun	Mar	Mier	Jue	Vie	Sáb	Promedio
Botellas de plástico	1.1%	6.2%	2.8%	3.8%	0.8%	2.5%	1.9%	2.73%
Botellas y Frascos de vidrio	0.0%	8.3%	1.8%	0.0%	0.0%	4.3%	0.0%	2.06%
Cartón	3.5%	21.5%	0.0%	7.9%	2.3%	1.0%	10.8%	6.71%
Componentes de computadoras (PCs, monitores, teclados, ratones, cables)	0.0%	1.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.18%
Componentes de teléfonos (carcasas, adaptadores)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	0.11%
Cuero	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.00%
Caucho	0.0%	0.0%	3.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.54%
Infeciosos (jeringas, gasas, algodones, medicinas, objetos con sangre)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.15%
Maderas	0.0%	1.5%	2.1%	2.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.91%
Material de construcción-cerámicas (loza)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.00%
Metales	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	12.8%	0.0%	1.95%
Orgánicos (sobras de comida, rastrojos de jardín, excrementos de animales, cáscaras)	84.8%	46.4%	50.2%	56.9%	22.0%	55.5%	77.7%	56.22%
Papel bond blanco	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	10.0%	0.0%	1.9%	1.70%
Papel de color	2.1%	0.9%	0.9%	0.0%	3.6%	0.5%	0.8%	1.26%
Papel periódico	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	34.5%	0.0%	0.0%	4.93%
Papel sanitario (higiénico, servilletas, toallas de cocina)	1.8%	4.0%	0.5%	4.7%	3.9%	5.1%	0.7%	2.95%
Peligrosos (envases de insecticidas, plaguicidas, solventes, desinfectantes)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.00%
Pilas y baterías	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.6%	0.6%	0.0%	0.59%
Plástico fino (bolsas, envolturas de caramelo)	1.4%	5.6%	6.5%	1.9%	0.4%	1.3%	2.0%	2.71%
Plástico grueso (baldes, tarrinas, tarros, juguetes)	0.5%	2.8%	11.4%	5.1%	12.1%	2.7%	0.7%	5.02%
Tetrapak	2.1%	0.6%	4.5%	4.8%	6.8%	0.4%	0.2%	2.77%
Textiles	0.0%	0.0%	15.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.22%
Mascarillas	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.03%
Toallas sanitarias y pañales	2.3%	0.0%	0.0%	12.0%	0.0%	12.6%	2.1%	4.14%
Otros	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.10%

Fuente: Bastidas (2024)

Tabla 14. Clasificación física de los residuos sólidos generados en el estrato C

COMPONENTES [g]	Dom	Lun	Mar	Mier	Jue	Vie	Sáb	Promedio
-----------------	-----	-----	-----	------	-----	-----	-----	----------

Botellas de plástico	5.5%	0.6%	1.5%	1.9%	1.4%	2.0%	2.0%	2.13%
Botellas y Frascos de vidrio	0.0%	23.9%	3.9%	26.4%	0.0%	0.0%	0.0%	7.73%
Cartón	0.0%	5.8%	1.2%	14.7%	4.5%	1.6%	3.0%	4.40%
Componentes de computadoras (PCs, monitores, teclados, ratones, cables)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.03%
Componentes de teléfonos (carcasas, adaptadores)	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.28%
Cuero	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.00%
Caucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.00%
Infecciosos (jeringas, gasas, algodones, medicinas, objetos con sangre)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.00%
Maderas	0.0%	0.0%	0.0%	1.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.27%
Material de construcción- cerámicas (loza	0.0%	5.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.84%
Metales	0.0%	4.3%	0.0%	0.0%	10.5%	1.4%	0.2%	2.34%
Orgánicos (sobras de comida, rastros de jardín, excrementos de animales, cáscaras	39.6%	28.9%	57.6%	27.7%	37.0%	52.8%	79.8%	46.20%
Papel bond blanco	1.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	0.0%	0.38%
Papel de color	0.0%	1.4%	1.7%	11.7%	0.9%	0.0%	0.5%	2.31%
Papel periódico	2.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.33%
Papel sanitario (higiénico, servilletas, toallas de cocina	3.3%	7.5%	1.9%	1.9%	15.6%	22.9%	4.4%	8.22%
Peligrosos (envases de insecticidas, plaguicidas, solventes, desinfectantes	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.00%
Pilas y baterías	0.0%	0.0%	5.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.81%
Plástico fino (bolsas, envolturas de caramelo)	5.2%	7.8%	6.0%	5.0%	4.4%	5.6%	4.6%	5.51%
Plástico grueso (baldes, tarrinas, tarros, juguetes)	5.7%	12.9%	7.9%	4.7%	9.9%	1.7%	2.5%	6.47%
Tetrapak	1.9%	1.1%	1.3%	0.9%	0.0%	10.6%	0.9%	2.38%
Textiles	0.0%	0.0%	6.1%	1.3%	0.0%	0.0%	0.4%	1.11%
Mascarillas	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.00%
Toallas sanitarias y pañales	34.9%	0.0%	5.3%	0.0%	15.9%	0.0%	1.8%	8.27%
Otros	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.00%

Fuente: Bastidas (2024)

Tabla 15. Clasificación física de los residuos sólidos generados en el estrato D

COMPONENTES [g]	Dom	Lun	Mar	Mier	Jue	Vie	Sáb	Promedio
Botellas de plástico	1.5%	3.5%	2.8%	2.7%	3.4%	11.5%	6.2%	4.52%
Botellas y Frascos de vidrio	0.0%	0.0%	0.0%	14.7%	0.3%	0.0%	0.0%	2.15%
Cartón	0.5%	1.5%	0.0%	5.2%	12.3%	0.6%	0.3%	2.92%
Componentes de computadoras (PCs, monitores, teclados, ratones, cables)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.00%

Componentes de teléfonos (carcasas, adaptadores)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.00%
Cuero	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.00%
Caucho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.00%
Infeciosos (jeringas, gasas, algodones, medicinas, objetos con sangre)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.00%
Maderas	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.00%
Material de construcción-cerámicas (loza	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	12.8%	0.0%	1.83%
Metales	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.7%	0.2%	0.0%	0.27%
Orgánicos (sobras de comida, rastrojos de jardín, excrementos de animales, cáscaras	75.6%	73.9%	76.0%	56.9%	41.1%	35.4%	66.6%	60.79%
Papel bond blanco	0.3%	0.0%	0.0%	5.7%	1.9%	0.0%	0.0%	1.12%
Papel de color	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	11.3%	5.6%	2.42%
Papel periódico	0.0%	2.8%	0.0%	0.0%	0.0%	9.5%	6.8%	2.71%
Papel sanitario (higiénico, servilletas, toallas de cocina	7.1%	4.4%	5.5%	5.9%	4.6%	3.7%	4.3%	5.09%
Peligrosos (envases de insecticidas, plaguicidas, solventes, desinfectantes	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.00%
Pilas y baterías	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.02%
Plástico fino (bolsas, envolturas de caramelo)	8.6%	7.0%	3.1%	2.4%	3.4%	4.6%	0.7%	4.27%
Plástico grueso (baldes, tarrinas, tarros, juguetes)	3.2%	4.9%	2.4%	3.0%	0.8%	2.7%	1.3%	2.61%
Tetrapak	2.3%	0.5%	7.7%	0.0%	0.0%	0.8%	1.3%	1.79%
Textiles	0.7%	0.0%	0.0%	3.3%	12.4%	6.7%	0.0%	3.29%
Mascarillas	0.0%	1.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.25%
Toallas sanitarias y pañales	0.0%	0.0%	2.5%	0.0%	18.2%	0.0%	7.0%	3.96%
Otros	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.00%

Fuente: Bastidas (2024)

La **Tabla 16** presenta el resumen de los componentes físicos identificados en cada uno de los estratos B, C y D, así como el promedio ponderado correspondiente a cada componente.

Tabla 16. Composición física de los residuos sólidos en los estratos B, C y D y su promedio ponderado

COMPONENTES [g]	Estrato B	Estrato C	Estrato D	PROMEDIO PONDERADO
Botellas de plástico	2.73%	2.13%	4.52%	2.50%
Botellas y Frascos de vidrio	2.06%	7.73%	2.15%	5.82%
Cartón	6.71%	4.40%	2.92%	4.83%
Componentes de computadoras (PCs, monitores, teclados, ratones, cables)	0.18%	0.03%	0.00%	0.06%
Componentes de teléfonos (carcasas, adaptadores)	0.11%	0.28%	0.00%	0.21%
Cuero	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Caucho	0.54%	0.00%	0.00%	0.13%

Infeciosos (jeringas, gasas, algodones, medicinas, objetos con sangre)	0.15%	0.00%	0.00%	0.04%
Maderas	0.91%	0.27%	0.00%	0.40%
Material de construcción- cerámicas (loza)	0.00%	0.84%	1.83%	0.73%
Metales	1.95%	2.34%	0.27%	2.05%
Orgánicos (sobras de comida, rastros de jardín, excrementos de animales, cáscaras)	56.22%	46.20%	60.79%	50.03%
Papel bond blanco	1.70%	0.38%	1.12%	0.77%
Papel de color	1.26%	2.31%	2.42%	2.06%
Papel periódico	4.93%	0.33%	2.71%	1.68%
Papel sanitario (higiénico, servilletas, toallas de cocina)	2.95%	8.22%	5.09%	6.63%
Peligrosos (envases de insecticidas, plaguicidas, solventes, desinfectantes)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Pilas y baterías	0.59%	0.81%	0.02%	0.68%
Plástico fino (bolsas, envolturas de caramelo)	2.71%	5.51%	4.27%	4.71%
Plástico grueso (baldes, tarrinas, tarros, juguetes)	5.02%	6.47%	2.61%	5.75%
Tetrapak	2.77%	2.38%	1.79%	2.42%
Textiles	2.22%	1.11%	3.29%	1.59%
Mascarillas	0.03%	0.00%	0.25%	0.03%
Toallas sanitarias y pañales	4.14%	8.27%	3.96%	6.85%
Otros	0.10%	0.00%	0.00%	0.03%

Fuente: Bastidas (2024)

En la zona evaluada, se determinó que los residuos sólidos urbanos están compuestos en su mayoría por materiales orgánicos, como restos de alimentos, desechos de jardín, cáscaras de frutas, verduras y hortalizas y cáscaras de huevos, los cuales representaron un promedio del 50.03% del total analizado.

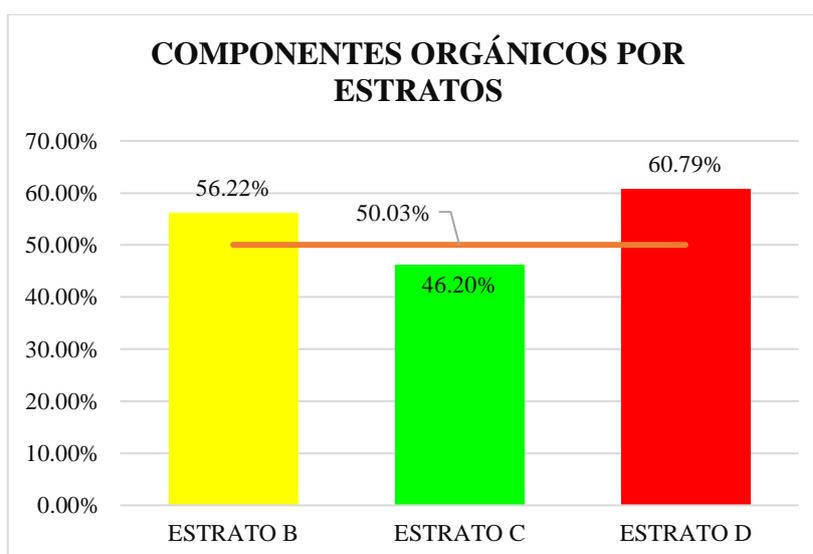


Figura 17. Componente Orgánico promedio de los estratos y ponderado.

Fuente: Bastidas (2024)

En la **Figura 17**, se evidencia el porcentaje de residuos orgánicos generados por estrato en la parroquia Calpi. El estrato D presenta el mayor porcentaje de residuos orgánicos (60,79 %), por lo que existe una tendencia, a mayor número de personas por hogar, mayor es la generación de residuos orgánicos. Esta situación puede deberse a que gran parte de la población realiza actividades productivas en las tierras cercanas o desde el hogar, como trabajos agrícolas o ganaderos. En contraste, el estrato C, que tiene un promedio de habitantes por hogar intermedio, presenta el menor porcentaje de residuos orgánicos, esto puede estar relacionado por lo labores diarios de los habitantes, quienes suelen pasar menos tiempo en el hogar debido a que se desplazan a trabajar durante el día. El estrato B, aunque con menor número de personas por vivienda que el D, genera más residuos que el C. Sin embargo, muestra un mayor porcentaje de materiales como Tetrapak, posiblemente porque sus habitantes optan por consumir alimentos listos para llevar. Estas observaciones permiten entender como las actividades laborales y el tamaño del hogar influyen no solo en la cantidad, sino también en la composición de los residuos generados en cada estrato.

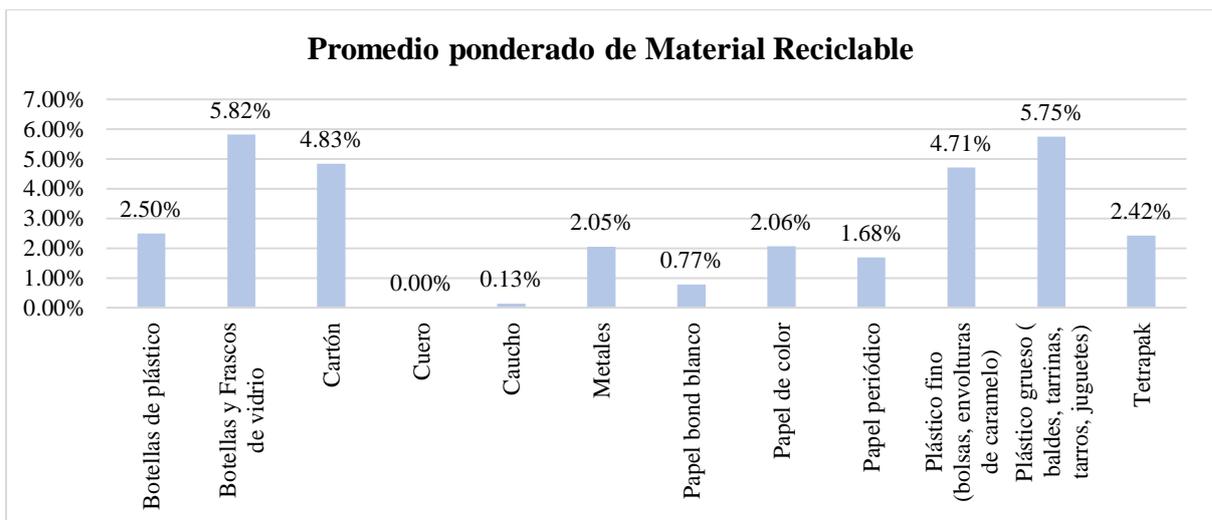


Figura 18. Residuos sólidos potencialmente reciclables.

Fuente: Bastidas (2024)

Como se observa en la **Figura 18**, presenta la distribución porcentual de los diferentes tipos de residuos reciclables recolectados en la parroquia Calpi. A partir de esta información, se identifican los materiales que aparecen con mayor frecuencia en la recolección: botellas y frascos de vidrio (5.82%), plástico grueso (5.75%) como baldes, tarros, tarrinas o juguetes, cartón (4.83%) y plástico fino (4.71%) como bolsas y envolturas. Los residuos sólidos con potencial reciclable constituyen una fracción relevante dentro del total recolectado, lo cual refleja su importancia en las actividades que desarrollan los recicladores informales en la parroquia. En contraste, se evidencian porcentajes muy bajos en la recolección de ciertos

materiales, como el cuero (0.00 %), el caucho (0.13 %) y el papel bond blanco (0.77 %). Esta baja representación puede deberse a su escasa presencia en los residuos domiciliarios o a su limitada demanda en los mercados de reciclaje, factores que inciden directamente en su baja frecuencia de recuperación.

Las condiciones en que se realizan estas actividades, en su mayoría a pie o mediante vehículos adaptados y sin apoyo estructural, influyen en la selección del material recolectado. En este contexto, los recicladores priorizan residuos que resultan más accesibles y que pueden representar un ingreso inmediato. El análisis de esta situación plantea la posibilidad de implementar acciones que fortalezcan la cadena de reciclaje en la parroquia, como el establecimiento de puntos de acopio organizados, iniciativas comunitarias de separación de residuos y programas de apoyo dirigidos a quienes realizan esta labor, cuya contribución resulta fundamental para reducir el volumen de residuos que se depositan en los vertederos.

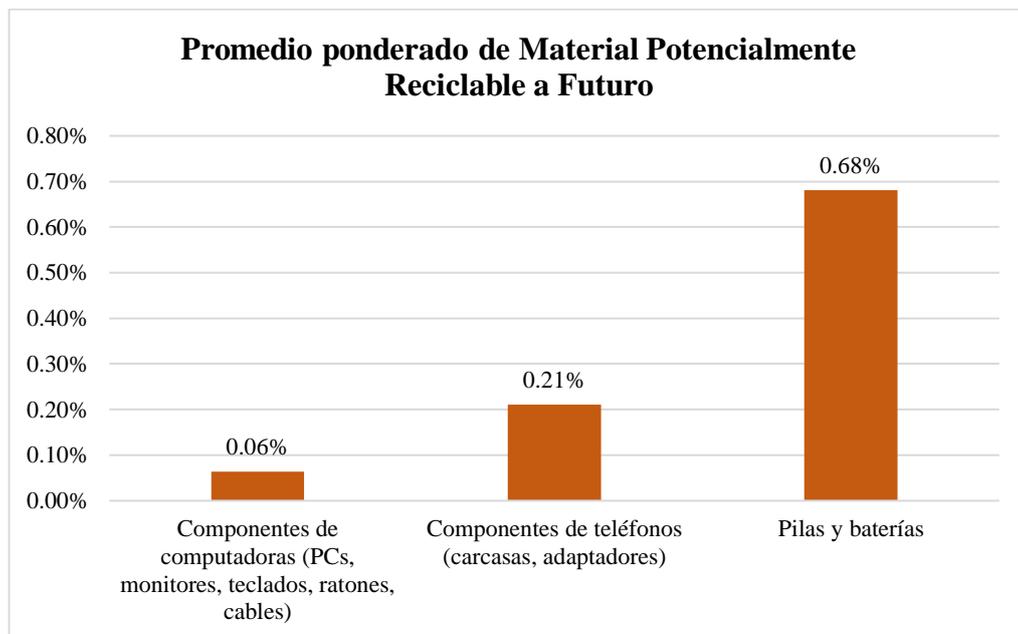


Figura 19. Residuos sólidos potencialmente reciclables a futuro.

Fuente: Bastidas (2024)

Los residuos identificados con posibilidad de ser reciclados en el futuro constituyen el 0.96 % del total de componentes físicos analizados. Con base en este valor, se propone que este tipo de residuos sea incluido en estrategias orientadas al reciclaje en etapas posteriores.

En la **Figura 19**, se observa el promedio ponderado de algunos materiales que podrían reciclarse en el futuro. Entre estos, las pilas y baterías destacan con el porcentaje más alto (0.68%), seguidas por los componentes de teléfonos (0.21 %) y componentes de computadoras (0.06 %). Si bien estos valores son menores en comparación con otros residuos reciclables

convencionales, evidencian una presencia cada vez mayor de desechos electrónicos en los hogares. Muchas veces, estos objetos no se desechan de inmediato, sino que se guardan por bastante tiempo en casa, ya que no siempre se sabe cómo botarlos de forma adecuada.

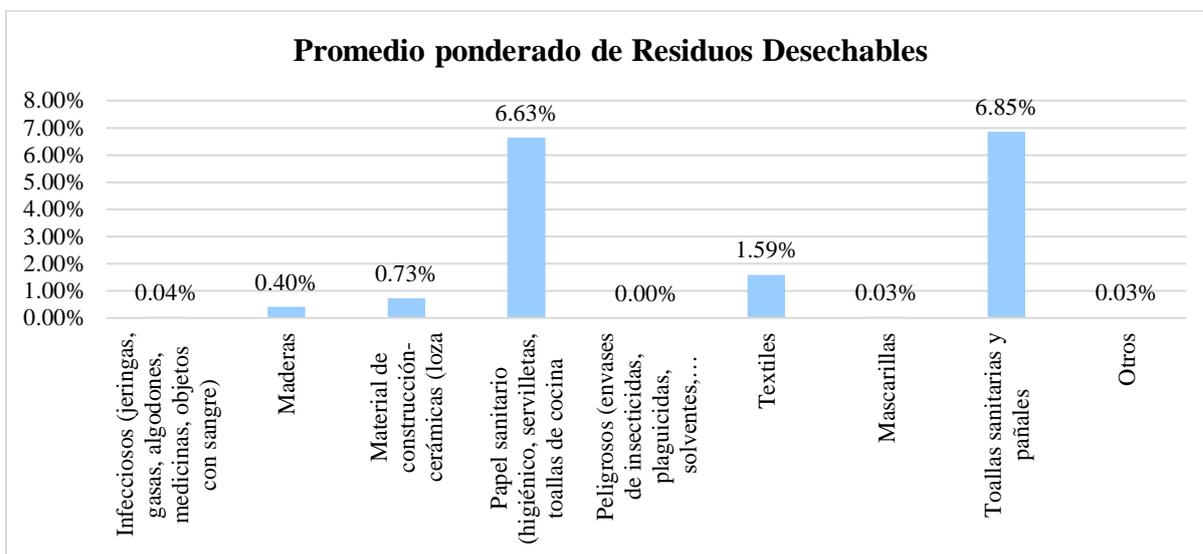


Figura 20. Residuos desechables.

Fuente: Bastidas (2024)

Tal como se aprecia en la siguiente figura (ver **Figura 20**), se evidencia la presencia significativa de ciertos materiales de un solo uso en los residuos generados por los hogares de la parroquia Calpi. Entre los productos con mayor representatividad se encuentran las toallas sanitarias y pañales (6.85%), seguidos del papel sanitario, servilletas y toallas de cocina (6.63%). Estos residuos responden a necesidades básicas de higiene y cuidado, por lo que su presencia en los desechos refleja prácticas cotidianas necesarias en la vida de las personas, especialmente en el cuidado de infantes, personas enfermas o con movilidad reducida.

Por otro lado, también se observa una participación menor de residuos como textiles (1.59%) y materiales de construcción como cerámica o loza (0.73%), los cuales podrían estar relacionados con procesos de renovación del hogar o el descarte ocasional de ropa y enseres. En las comunidades, lidiar con este tipo de residuos se ha vuelto complicado. Muchos de estos objetos ya no sirven, no se pueden vender ni reciclar, y por eso acaban tirados en cualquier parte, ya sea en un basurero o incluso en espacios abiertos. Eso termina afectando no solo al ambiente, sino también a la salud de la gente.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se logró caracterizar los residuos sólidos urbanos (RSU) de origen residencial en la parroquia Calpi mediante un enfoque metodológico que permitió determinar la producción per cápita, la composición física y la densidad suelta de los desechos generados por los hogares, categorizados por estratos socioeconómicos.

Mediante un análisis urbanístico y socioeconómico se identificaron tres estratos clave en la parroquia: B, C y D. Esta clasificación sirvió de base para establecer un muestreo proporcional. El estrato C resultó ser el más representativo, abarcando el 66.04 % de las manzanas, seguido del estrato B con un 24.53 %, y el D con el 9.43 %.

En el proceso de caracterización socioeconómica se identificó que los hogares del estrato D corresponden a los sectores con menores ingresos, donde las familias suelen ser numerosas y su economía depende principalmente de actividades agrícolas. Por otro lado, en el estrato B se agrupan los hogares con mayores ingresos, caracterizados por tener núcleos familiares más reducidos.

El análisis del peso diario de los residuos sólidos permitió identificar que el día domingo se registra la mayor generación de desechos. En cuanto a la producción de residuos sólidos urbanos (RSU), se obtuvo un promedio per cápita de 0.43 kg/hab/día, con un coeficiente de máxima producción diaria de residuos sólidos urbanos fue de 3.55. Un valor útil para planificar la capacidad de los sistemas de recolección, transporte y disposición final, sobre todo en los días de mayor acumulación de desechos. Además, se evidenció que el estrato B presentó la mayor generación por habitante, lo que refleja una posible correlación entre el nivel de ingresos y la cantidad de residuos generados.

Por otro lado, la densidad suelta ponderada obtenida fue de 112.39 kg/m³, siendo el estrato B el que presentó el valor más alto (120.28 kg/m³). Este resultado puede explicarse por la mayor presencia de residuos orgánicos en estratos con menor poder adquisitivo, que tienden a generar desechos de mayor densidad. En cambio, en los estratos con ingresos más altos, es común encontrar residuos provenientes de productos industrializados, que suelen tener menor peso por volumen.

Finalmente, en lo que respecta a la composición física, los residuos orgánicos fueron los más abundantes, con un promedio general del 50.03 %, seguido por los componentes reciclables con un 32.72% y aquellos que pueden ser potencialmente reciclables con un 0.96%. Esto indica

que sería pertinente incorporar estrategias de valorización como el compostaje en la gestión local de residuos. De igual forma, los materiales reciclables también pueden ser aprovechados mediante su reutilización.

5.2. Recomendaciones

Se sugiere que el GAD Parroquial de Calpi implemente un sistema de gestión de residuos sólidos que responda a las características propias de cada estrato. Dado que se identificaron diferencias en la producción per cápita y en la composición física de los residuos, es importante establecer rutas, frecuencias de recolección y estrategias de aprovechamiento diferenciadas para cada sector. Dado que los residuos orgánicos representan el mayor porcentaje de la composición física, se recomienda fomentar programas de compostaje comunitario o domiciliario, especialmente en los estratos donde hay espacio suficiente para su implementación y donde la fracción orgánica es más elevada.

Se propone realizar un estudio para la instalación estratégica de contenedores diferenciados (orgánico, reciclable, no reciclable). Esta medida facilitaría su clasificación y posterior aprovechamiento por parte de empresas recicladoras. Además, se plantea la posibilidad de fomentar el desarrollo de pequeños emprendimientos locales enfocados en la recolección y selección de materiales reutilizables.

Debido a la carencia de un sistema formal de disposición final en la parroquia, se aconseja trabajar con el GAD Municipal de Riobamba, para diseñar y ejecutar un proyecto de infraestructura que cumpla con las normativas ambientales vigentes, como un relleno sanitario o una celda emergente debidamente controlada.

BIBLIOGRAFÍA

- Alayón, E. (2021). Guía para la caracterización y cuantificación de residuos sólidos. *Inventum*, 15(29), 76–94. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.15.29.2020.76-94>
- Arellano, A., Congacha, A., Espinoza, Lady, Izurieta, C., & Zuñiga, M. (2024). *Enfoque interdisciplinario para la gestión sustentable del agua potable y de los desechos sólidos en Ecuador*. August. <https://doi.org/10.37135/u.editorial.05.0000>
- Arellano, A., Gavilanez, A., & González, J. (2012). Método de caracterización urbanística y socioeconómica para poblaciones menores que 150.000 habitantes. *ResearchGate*, January 2012. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17722.21446>
- Bernache Pérez, G. (2015). La gestión de los residuos sólidos: un reto para los gobiernos locales. *Sociedad y Ambiente*, 7. <https://doi.org/10.31840/sya.v0i7.1592>
- Cabeza, M. (2020). Riesgo climático y definición de estrategias financieras para su mitigación en el sector agua y saneamiento en ALC. *Banco Interamericano de Desarrollo*, 53(9), 61. <http://dx.doi.org/10.18235/0002751>
- Cardoso, G., & Veitía, N. (2008). Aplicación de métodos de comparaciones múltiples en Biotecnología Vegetal. *Biotecnología Vegetal*, 8(2), 67–71.
- CEPAL. (2024). Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios. *Manuales de La CEPAL*, 211.
- COOTAD. (2010). Código Orgánico Organización Territorial Autonomía Descentralización COOTAD. *Registro Oficial Suplemento 303 de 19-Oct-2010*, 2, 174. http://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_org.pdf
- GADMR. (2020). *PDOT* *Riobamba*. <https://www.gadmriobamba.gob.ec/index.php/ordenamiento-territorial/plan-pdyot-2020-2030>
- GADPCALPI. (2023). Plan De Desarrollo Y Territorial. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de La Parroquia Rural Pueblo Nuevo*, 183. https://gadpueblonuevo.gob.ec/manabi/wp-content/uploads/2021/11/4.-PDOT_Pueblo-Nuevo_actualizacion_2019-2023-9-7-2020.pdf
- García, R., Socorro, A., & Maldonado, A. (2019). *Manejo y gestión ambiental de los desechos sólidos*. 118–124.

https://www.researchgate.net/publication/343574380_Manejo_y_gestion_ambiental_de_los_desechos_solidos_estudio_de_casos

Granizo, D., & Guamán, A. (2015). *Gestión integral de residuos sólidos domiciliarios en la cabecera parroquial de Calpi del cantón Riobamba de la provincia de Chimborazo* (Vol. 13).

Hoyas, A. (2022). El mercado de la gestión de residuos sólidos urbanos en Ecuador. *Icex*, 1–84. [https://www.thebeertimes.com/mercado-la-cerveza-ee-uu-cifras/%0Ahttps://www.icex.es/icex/wcm/idc/groups/public/documents/documento/mde5/odiw/~edisp/doc2019820119.pdf?utm_source=RSS&utm_medium=ICEX.es&utm_content=03-05-2019&utm_campaign=Estudio de mercado.](https://www.thebeertimes.com/mercado-la-cerveza-ee-uu-cifras/%0Ahttps://www.icex.es/icex/wcm/idc/groups/public/documents/documento/mde5/odiw/~edisp/doc2019820119.pdf?utm_source=RSS&utm_medium=ICEX.es&utm_content=03-05-2019&utm_campaign=Estudio%20de%20mercado)

Huamaní, C., Tudela, J., & Huamaní, A. (2020). Problema Ambiental De Gestión De Residuos Sólidos De La Ciudad De Juliaca-Puno-Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 22(1), 106–115. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.541>

INEC. (2010). Fasículo de estadística de Chimborazo. *Población Del Cantón Riobamba Censo 2001*, 1–4. http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Fasciculos_Censales/Fasc_Cantonales/Chimborazo/Fasciculo_Riobamba.pdf

INEC. (2022). *Información Ambiental de Hogares 2022*. 1–33. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Hogares/Hogares-2022/MOD_AMB_HOGAR_ENEMDU_2022.pdf

Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica. (2024). Proyecto de Gestión de residuos sólidos y economía circular inclusiva (GRECI). *Reserva Ecológica El Ángel, 21 Años de Conservación Para La Vida*, 1.

Morocho, T., Toledo, E., & Bravo, D. (2017). *Determinantes de la clasificación de residuos sólidos en el Ecuador*. July 2018. https://www.researchgate.net/publication/326657849_Determinantes_de_la_clasificacion_de_residuos_solidos_en_el_Ecuador

Quilumba, E., & Vaca, C. (2024). *Caracterización de residuos sólidos urbanos de la ciudad de Penipe y La Dolorosa de Priorato*. 15(1), 37–48.

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>

Villa, E. (2023). *Caracterización de residuos sólidos urbanos del cantón Guamote provincia de Chimborazo*. VIII(I), 1–19.

Wang, Z., Dong, X., & Yin, J. (2018). Antecedents of urban residents' separate collection intentions for household solid waste and their willingness to pay: Evidence from China. *Journal of Cleaner Production*, 173, 256–264. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.223>

Anexo 2. Encuesta socioeconómica.

INFORMACIÓN GENERAL																		
ENCUESTA N°		DIRECCIÓN:		FECHA:		SECTOR INEC:		MANZANA:										
NOMBRE DEL ENCUESTADO:				ES UD LA CABEZA DEL HOGAR		SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		CASA CODIGO:										
INFORMACIÓN SOCIOECONÓMICA																		
1.- Nº DE PERSONAS QUE HABITAN EN EL HOGAR:		2.- Nº DE PERSONAS QUE DUERMEN GENERALMENTE EN EL HOGAR		3.- EN QUÉ TRABAJA LISTED			4.- Nº DE PERSONAS QUE APORTAN ECONÓMICAMENTE EN EL HOGAR		5.- A CUÁNTAS PERSONAS MANTIENE									
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		1) JUBILADO <input type="checkbox"/> 2) COMERCIANTE <input type="checkbox"/> 3) TRANSPORTISTA <input type="checkbox"/> 4) AGRICULTOR <input type="checkbox"/> 5) GANADERO <input type="checkbox"/> 6) ENSEÑANZA <input type="checkbox"/> 7) GERENTE O DIRECTOR <input type="checkbox"/> 8) TRABAJADOR DE LOS SERVICIOS <input type="checkbox"/>			9) PROFESIONAL Y/O TÉCNICO <input type="checkbox"/> 10) MANUFACTURA <input type="checkbox"/> 11) EMPLEADO DE OFICINA <input type="checkbox"/> 12) TRABAJADOR NO CALIFICADO <input type="checkbox"/> 13) OPERARIO U OPERADOR DE MAQUINARIAS <input type="checkbox"/> 14) ESTUDIANTE <input type="checkbox"/> 14) OTRO <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		6.- CUÁNTAS PERSONAS COMEN EN EL HOGAR <input type="checkbox"/> FRECUENTEMENTE <input type="checkbox"/> OCASIONALMENTE <input type="checkbox"/> RARA VEZ <input type="checkbox"/>					
13.- TIENEN VEHICULOS EN EL HOGAR		12.- LA VIVIENDA ES		11.- LA VIVIENDA QUE UD HABITA LA UTILIZA COMO			10.- Nº DE DORMITORIOS DE LA VIVIENDA		9.- Nº DE PISOS QUE OCUPA EN LA VIVIENDA		8.- CUÁLES		7.- TIENE ANIMALES					
1) SI <input type="checkbox"/> 2) NO <input type="checkbox"/>		1) PROPIA <input type="checkbox"/> 2) ARRENDADA <input type="checkbox"/> 3) PRESTADA <input type="checkbox"/> 4) HEREDADA <input type="checkbox"/>		-COMERCIAL <input type="checkbox"/> VENTA DE COMIDAS Y BEBIDAS <input type="checkbox"/> TIENDA DE ABASTOS <input type="checkbox"/> SUPERMERCADO <input type="checkbox"/> ROPA <input type="checkbox"/> LAVADORA <input type="checkbox"/> PELUQUERÍA <input type="checkbox"/>			-EDUCATIVA <input type="checkbox"/> MECANICA <input type="checkbox"/> OFICINA <input type="checkbox"/> FARMACIA <input type="checkbox"/> LICORERIA <input type="checkbox"/> HOSPEDAJE <input type="checkbox"/> PAPELERIA <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		-PERRO <input type="checkbox"/> -GATO <input type="checkbox"/> -CHANCHITO <input type="checkbox"/> -BURRO <input type="checkbox"/> -CONEJO <input type="checkbox"/>		-CUI <input type="checkbox"/> -OVEJA <input type="checkbox"/> -AVES <input type="checkbox"/> -OTRO <input type="checkbox"/>		CUANTOS <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
14.- SERVICIOS QUE DISPONE				15.- CUÁLES DE LOS SIGUIENTES GASTOS SON MÁS IMPORTANTES EN SU HOGAR (ENUMERE EN EL ORDEN DE IMPORTANCIA)						16.- TIENE JARDÍN								
1) AGUA POTABLE <input type="checkbox"/>		5) AILUMBRADO PÚBLICO <input type="checkbox"/>		9) TV PAGADA <input type="checkbox"/>		AUMENTACIÓN <input type="checkbox"/>		EDUCACIÓN <input type="checkbox"/>		SEGUROS <input type="checkbox"/>		SI <input type="checkbox"/>		NO <input type="checkbox"/>				
2) LUC ELÉCTRICA <input type="checkbox"/>		6) RECOLECCIÓN DE BASURA <input type="checkbox"/>		10) EMPLEADA DOMÉSTICA <input type="checkbox"/>		SALUD <input type="checkbox"/>		VESTUARIO <input type="checkbox"/>		VIAJES <input type="checkbox"/>		SI <input type="checkbox"/>		NO <input type="checkbox"/>				
3) TELF CONVENCIONAL <input type="checkbox"/>		7) TELF CELULAR <input type="checkbox"/>		11) SEGURIDAD PRIVADA <input type="checkbox"/>		VIVIENDA <input type="checkbox"/>		CRÉDITOS <input type="checkbox"/>		OTROS <input type="checkbox"/>		SI <input type="checkbox"/>		NO <input type="checkbox"/>				
4) ALCANTARILLADO <input type="checkbox"/>		8) INTERNET <input type="checkbox"/>		12) OTRO <input type="checkbox"/>								SI <input type="checkbox"/>		NO <input type="checkbox"/>				
RESIDUOS																		
21.- BOTA UD EL PAPEL HIGIÉNICO DENTRO DEL INODOORO		20.- COBRA ALGO POR ENTREGAR ESTOS MATERIALES A LOS RECIKLADORES		19.- CADA CUANTO TIEMPO ENTREGA ESTOS MATERIALES A LOS RECIKLADORES			18.- QUÉ TIPO DE MATERIALES ENTREGA A LOS RECIKLADORES			17.- ENTREGA UD. ALGÚN TIPO DE BASURA A LOS RECIKLADORES								
SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> A VECES <input type="checkbox"/>		SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> A VECES <input type="checkbox"/>		CONSTANTEMENTE <input type="checkbox"/> RARA VEZ <input type="checkbox"/> A VECES <input type="checkbox"/> OTRO <input type="checkbox"/>			1) CHATARRA <input type="checkbox"/> 2) ROPA <input type="checkbox"/> 3) BOTELLAS <input type="checkbox"/> 4) PAPEL Y CARTÓN <input type="checkbox"/> 5) PERIÓDICO <input type="checkbox"/> 6) MUEBLES <input type="checkbox"/> 7) RESIDUOS PARA CHANCHOS <input type="checkbox"/> 8) OTRO <input type="checkbox"/>			SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>								
OBSERVACIONES DE CAMPO																		
SIMBOLOGÍA		TIPO DE VIVIENDA (INEC)		ESTADO DE LA FACHADA			ACERA		CALLE									
CALIDAD EN ÓPTIMAS CONDICIONES A <input type="checkbox"/> EN BUENAS CONDICIONES B <input type="checkbox"/> EN MALAS CONDICIONES C <input type="checkbox"/>		- MEDIAGUA <input type="checkbox"/> - RANCHO <input type="checkbox"/> - COVACHA <input type="checkbox"/> - CHOZA <input type="checkbox"/>		CATEGORÍA A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/>			TIPO BALDOSA <input type="checkbox"/> ENCEMENTADA <input type="checkbox"/> TIERRA <input type="checkbox"/> NO EXISTE <input type="checkbox"/>		CATEGORÍA A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/>									
				*Se refiere al estado de elementos como: pintura exterior, ventanas, puertas, cubierta, cerramiento.					TIPO ASFALTADA <input type="checkbox"/> ADOQUINADA <input type="checkbox"/> LASTRADA <input type="checkbox"/> TIERRA AFIRMADA <input type="checkbox"/> EMPEDRADA <input type="checkbox"/>									
NOMBRE DEL ENCUESTADOR:				FIRMA:														

Fuente: (Arellano et al., 2024)

Anexo 3. Criterios de categorización de una manzana

1. Categorización de un lado de una manzana		
Rango	Categoría	ESE
≥75	A	Alto
74-50	B	Medio alto
49-25	C	Medio bajo
24-0	D	Bajo
2. Categorización de una manzana		
Rango	Categoría	ESE
≥300	A	Alto
299-200	B	Medio alto
199-100	C	Medio bajo
99 ≤	D	Bajo
3. Puntuación por la cantidad de edificaciones		
Edificaciones por lado	Puntos	
Mayor de 9	1	
Entre 6 y 9	5	
Entre 3 y 5	10	
Entre 1 y 2	20	
4. Puntuación por la cantidad de pisos		
Cantidad de pisos	Puntos	
≥ 16	1	
11 – 15	5	
6 – 10	10	
≤ 5	20	
5. Puntuación de la fachada		
Calificación fachada	Puntos	
5	20	
4	15	
3	10	
2	5	
1	1	
6. Puntuación del tipo de calzada		
Calificación calzada	Puntos	
Asfaltada/adoquinada	20	
Piedra	10	
Tierra	5	
7. Puntuación de servicios básicos		
Servicios	Puntos	
Agua potable	2	
Luz eléctrica	2	
Alcantarillado	2	
Alumbrado público	2	
Seguridad privada	2	

Fuente: (Arellano et al., 2024)

Anexo 4. Ficha de registro de componentes mínimos

Fecha:	Peso X (gramos) de la funda antes de separar los componentes			
	ESE-A	ESE-B	ESE-C	ESE-D
Componentes (gramos)				
Botellas de plástico				
Botellas y Frascos de vidrio				
Cartón				
Componentes de computadoras (PC, monitores, teclados, ratones, cables)				
Componentes de teléfonos (carcasas, adaptadores)				
Cuero y Caucho				
Infecciosos (jeringas, gasas, algodones, medicinas, objetos con sangre)				
Maderas				
Material de construcción- cerámicas (loza)				
Metales				
Orgánicos (sobras de comida, rastros de jardín, excrementos de animales, cáscaras)				
Papel Bond blanco				
Papel de color				
Papel periódico				
Papel sanitario (higiénico, servilletas, toallas de cocina)				
Peligrosos (envases de insecticidas, plaguicidas, solventes, desinfectantes)				
Pilas y baterías				
Plástico fino (bolsas, envolturas de caramelo)				
Plástico grueso (baldes, tarrinas, tarros, juguetes)				
Tetra Pak				
Textiles				
Toallas sanitarias y pañales				
Otros				
Suma de los pesos de todos los componentes (Y, gramos)				

Fuente: (Arellano et al., 2024)

Anexo 5. Resultados de la caracterización socioeconómica

N.º	CODIGO	N.º HABITANTES	NOMBRE DEL ENCUESTADO	PUNTAJE	CATEGORIA
1	B-01	3	LEDIA ROJAS	50	B
2	B-02	6	LEONOR PARREÑO	59	B
3	B-03	2	LUISA CLADIS MOROCHO GUACHILEMA	59	B
4	B-04	2	HUEBA ASADOBAY CELENIRA CARMEN	56	B
5	B-05	2	CONCHA QUISNANSELA ELVIA DORINDA	58	B
6	B-06	3	CALLE SIGUENCIA NANCY DE JESUS	66	B
7	B-07	2	CHAGÑAY JACOME MARIA LUISA	69	B
8	B-08	3	ORTEGA TACURI ROSALIA AMPARO	50	B
9	B-09	6	QUISPHI QUISPHI SILVIA BEATRIZ	55	B
10	B-10	5	SEGUNDO HUEBLA	65	B
11	B-11	6	LUIS PATRICIO USCA SALCÁN	61	B
12	B-12	3	LUIS GERARDO AUQUILLA USCA	66	B
13	B-13	4	MARUJA ÑAUNAY COLCHA	66	B
14	B-14	4	JAIRO FERNANDO GUILCASO MULLO	61	B
15	B-15	7	ANGEL ELICIO AUQUILLA USCA	66	B
16	B-16	4	SANUA ROJAS	61	B
17	B-17	6	FREDY ORTEGA	61	B
18	B-18	3	ALDANA GARCÍA	66	B
19	B-19	4	SEGUNDO BERMEO	61	B
20	B-20	5	ANGEL VACA	66	B
21	C-01	4	MARIANA OCAÑA	48	C
22	C-02	7	ELSA YOLANDA CORO PAUCAR	35	C
23	C-03	6	SANDRA ALICIA COLCHA CONCHA	45	C
24	C-04	8	YESENIA AMAGUAÑA	45	C
25	C-05	4	CRUZ VALERIA SILVA ESTRADA	30	C
26	C-06	4	LEONOR CABAY ROJAS	42	C
27	C-07	6	DEISY ILIGAMA	45	C
28	C-08	7	FLOR PATRICIA CHAGÑAY BORJA	35	C
29	C-09	2	MARIA SASNALEMA	36	C
30	C-10	5	JHOSELYN TACÚN	46	C
31	C-11	4	SANDRA HUEBLA	41	C
32	C-12	3	MARIA CUVI	46	C
33	C-13	3	MORAYMA HUEBLA	36	C
34	C-14	3	CECILIA AMAGUAÑA	46	C
35	C-15	6	BETTY LETICIA SAGÑAY GUALPA	36	C
36	C-16	4	MARIA PILAR PADILLA PILCO	40	C
37	C-17	4	DANILO ALEXIS PÉREZ LÓPEZ	41	C
38	C-18	7	ESTER MENDOZA	46	C
39	C-19	4	ELVIA MARINA MOROCHO SAGÑAY	41	C
40	C-20	4	MARIA SOLEDAD ILBAL AGUAGUALLO	41	C
41	C-21	9	LUIS FRANCISCO GUZÑAY TENE	46	C
42	C-22	4	ANGELITA MOROCHO	40	C

43	C-23	3	MARIA ROSA AREVALO MUYULEMA	46	C
44	C-24	2	MARIA LÓPEZ	41	C
45	C-25	5	MARIA CARMITA SAGÑAY GUARANDA	36	C
46	C-26	7	JUAN DIEGO SALCÁN SAGÑAY	26	C
47	C-27	4	CYNTHIA CAROLINA SALCÁN SAGÑAY	41	C
48	C-28	4	ANA LUCIA SAGÑAY GUARANGO	36	C
49	C-29	3	ANGEL LEMA	46	C
50	C-30	5	ANGELITA VILLA	46	C
51	C-31	4	MARIA BELEN ARAUZ LÓPEZ	41	C
52	C-32	5	CLEMENCIA ROCIO PÉREZ TIXI	46	C
53	C-33	6	MARIA PATRICIA ILBAY VILLA	41	C
54	C-34	7	DENNIS ROBERTO CANDO SALCÁN	41	C
55	C-35	6	SILVIA RAQUEL LÓPEZ LARA	41	C
56	C-36	5	NORMA YOLANDA ILBAY VILLA	46	C
57	C-37	7	LUIS ENRIQUE RIOS MENDOZA	46	C
58	C-38	4	ROBERTO TENANSELA	41	C
59	C-39	3	LUIS SALCAN	46	C
60	C-40	4	CECILIA HUASPA	41	C
61	C-41	6	MARIA DEL CARMEN HUASPA	41	C
62	C-42	5	VILMA MORENO	46	C
63	C-43	3	LUIS VELASCO	46	C
64	C-44	4	PEDRO BAGUA	41	C
65	C-45	6	MARÍA QUINANCELA	30	C
66	C-46	5	MARÍA GARCÍA	46	C
67	C-47	4	OSVALDO HUEBLA	31	C
68	C-48	6	EDWIN HUEBLA	41	C
69	C-49	3	FANI TENEMASA	31	C
70	C-50	4	SEGUNDO CALLE	40	C
71	C-51	5	MARÍA TACURI	46	C
72	C-52	3	OLGA MADRONER	35	C
73	C-53	5	MARGOT CASOLA	36	C
74	C-54	4	ROBERTO SILVA	31	C
75	D-01	8	ROSA PAGUAY	24	D
76	D-02	4	ELVIA ROCIO LEMA PACA	24	D
77	D-03	5	CARLOS GEOVANI PADILLA CARRILLO	24	D
78	D-04	5	ZOILA PATRICIA LOZADA ZABALA	24	D
79	D-05	5	UVALDINA USCA	24	D
80	D-06	6	MARIA MANUELA AUQUILLA LÓPEZ	24	D
81	D-07	5	GISELA PEÑAFIHEL	19	D
82	D-08	4	CRISTINA CONCHA	24	D

Fuente: Bastidas (2024)

Anexo 6. Registro fotográfico ejecutado en campo



Fotografía 1. Codificación de las viviendas.



Fotografía 2. Enceramiento y entrega de fundas.



Fotografía 3. Supresión del enceramiento con el propósito de evitar alteraciones en la muestra recolectada diariamente.



Fotografía 4. Recolección de muestras y entrega de fundas diarias.



Fotografía 5. Recolección de las muestras diarias para la caracterización de residuos sólidos.



Fotografía 6. Pesaje de las muestras para el PPC.



Fotografía 7. Homogenización de RSU.



Fotografía 8. Cuarteo de RSU de cada estrato.



Fotografía 9. Cálculo de la densidad suelta.



Fotografía 10. Clasificación de componentes.



Fotografía 11. Pesaje de componentes.

Fuente: Bastidas (2024)