



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Título del Proyecto

Análisis comparativo de las producciones per cápita y densidades de residuos sólidos residenciales de cinco ciudades del Ecuador

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Civil

Autor:

Chalacán Guevara Alex David

Tutor:

Ing. Alfonso Patricio Arellano Barriga

Riobamba, Ecuador. 2023

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Alex David Chalacán Guevara con cédula de ciudadanía 0603976903, autor del trabajo de investigación titulado: “Análisis comparativo de las producciones per cápita y densidades de residuos sólidos residenciales de cinco ciudades del Ecuador” 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, 14 de julio de 2023.



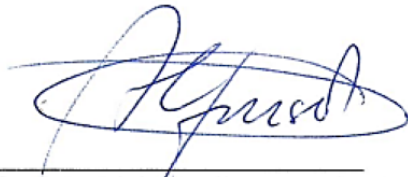
Alex David Chalacán Guevara

C.I: 0603976903

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, **Ing. Alfonso Patricio Arellano Barriga. MSc**, catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: **Análisis comparativo de las producciones per cápita y densidades de residuos sólidos residenciales de cinco ciudades del Ecuador**, bajo la autoría de Alex David Chalacán Guevara; 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 14 días del mes de julio de 2023.



Ing. Alfonso Patricio Arellano Barriga. MSc.
C.I: 0601823313

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal **de Grado** para la evaluación del trabajo de investigación "**Análisis comparativo de las producciones per cápita y densidades de residuos sólidos residenciales de cinco ciudades del Ecuador**", presentado por **Alex David Chalacán Guevara**, con cédula de identidad número **0603976903**, bajo la tutoría de **Ing. Alfonso Patricio Arellano Barriga**; 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 14 de julio de 2023.

Ing. María Gabriela Zúñiga. MSc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE
GRADO



Firma

Ing. Nelson Patiño MSc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE
GRADO



Firma

Ing. Jessica Brito Noboa MSc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE
GRADO



Firma



Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO

en movimiento



UNACH-RGF-01-04-08.15
VERSIÓN 01: 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Que, **ALEX DAVID CHALACAN GUEVARA** con CC: **0603976903**, estudiante de la Carrera **INGENIERÍA CIVIL**, Facultad de INGENIERIA; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PRODUCCIONES PER CÁPITA Y DENSIDADES DE RESIDUOS SÓLIDOS RESIDENCIALES DE 5 CIUDADES DEL ECUADOR", cumple con el 10 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 10 de julio de 2023

Ing. Alfonso Arellano. MSc.
TUTOR

DEDICATORIA

A mis amados padres, Carlos y Mirian. A ustedes les debo todo. Han sido mis guías, mis pilares y mis mayores motivadores. Su sacrificio y dedicación han sido una fuente constante de inspiración para mí, y gracias a su apoyo inquebrantable, he podido alcanzar este logro con éxito. Sin su aliento constante, nada de esto hubiera sido posible.

A mis queridos hermanos, José y Mónica, gracias por estar siempre a mi lado. Su compañía y ánimo en los momentos más desafiantes han sido un impulso invaluable para mantenerme enfocado en mis metas. Juntos hemos compartido risas, aprendizajes y retos, y sé que siempre puedo contar con ustedes.

Esta tesis es un logro que no habría sido posible sin su amor, apoyo y aliento constante. Gracias por ser mi mayor fuente de inspiración y por estar siempre a mi lado en cada paso del camino.

Con cariño y gratitud,

Alex David Chalacán Guevara

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecerles a mis padres y a mis hermanos por todo su apoyo durante esta etapa de mi vida.

Agradezco de corazón a la Universidad Nacional de Chimborazo por brindarme la oportunidad de formarme académicamente y crecer como persona. Agradezco también a mi tutor de tesis, Ing. Alfonso Arellano, por su invaluable orientación y guía durante este proyecto.

Y, por último, a mis amigos Erik, Cristian, Fernando, Adrián, Jaime, John y Adriana, gracias por ser mi apoyo incondicional, por las risas compartidas y por ser parte de esta inolvidable etapa.

Con gratitud,

Alex David Chalacán Guevara

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	
DECLARATORIA DE AUTORÍA	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1 ANTECEDENTES	15
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
1.3 JUSTIFICACIÓN	23
1.4 OBJETIVOS	23
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	24
2.1 MARCO TEÓRICO	24
<i>Residuos Sólidos Residenciales Urbanos</i>	24
<i>Producción per cápita de residuos sólidos</i>	24
<i>Densidad de residuos sólidos</i>	24
2.2 ESTADO DEL ARTE	25
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	28
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS PRODUCCIONES PER CÁPITA (PPC)	32
<i>Escenario A (Comparación entre los 4 estratos socioeconómicos)</i>	37
Análisis de varianzas ANOVA.....	37
Prueba de Tukey	38
<i>Escenario B (Comparación entre los 5 cantones de estudio)</i>	44
Análisis de varianzas ANOVA.....	44
Prueba de Tukey	45
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS DENSIDADES	49
<i>Escenario A (Comparación entre los 4 estratos socioeconómicos)</i>	51
Análisis de varianzas (ANOVA).....	51
Prueba de Tukey	51
<i>Escenario B (Comparación entre los 5 cantones)</i>	57
Análisis de varianzas (ANOVA).....	57

<i>Prueba de Tukey</i>	57
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
5.1 CONCLUSIONES	62
5.2 RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFÍA	64
ANEXOS	67

ÍNDICE DE TABLAS;

Tabla 1. Numero de datos de PPC y densidades de los cinco cantones de Estudio.	30
Tabla 2. Producciones per cápita (PPC) de los 5 cantones de estudio	32
Tabla 3. Producción per cápita promedio de los estratos en los 5 cantones de estudio (kg/hab/día).....	34
Tabla 4. Análisis de varianzas ANOVA de los PPC entre cada ciudad y sus cuatro estratos.	37
Tabla 5. Prueba Tukey entre cada estrato de los cinco cantones de estudio.	38
Tabla 6. Comparación de producción entre los 4 estratos socioeconómicos de Riobamba	39
Tabla 7. Comparación de producción entre los 4 estratos socioeconómicos de Otavalo	39
Tabla 8. Comparación de producción entre los 4 estratos socioeconómicos de Tena.....	40
Tabla 9. Comparación de producción entre los 4 estratos socioeconómicos de Baños.....	40
Tabla 10. Comparación de producción entre los 4 estratos socioeconómicos de Chambo.	41
Tabla 11. Análisis de varianzas de medias entre cada estrato y los 5 cantones de estudio.	45
Tabla 12. Prueba de Tukey entre cada estrato y los cinco cantones de estudio.	45
Tabla 13. Prueba de Tukey de los PPC del estrato A.	46
Tabla 14. Prueba de Tukey de los PPC del estrato B.	46
Tabla 15. Prueba de Tukey de los PPC del estrato C.	47

Tabla 16. Prueba de Tukey de los PPC del estrato D.	47
Tabla 17. Densidades de residuos sólidos de los 5 cantones de estudio.	49
Tabla 18. Densidad promedio de los estratos en los 5 cantones de estudio (kg/m ³).	49
Tabla 19. Análisis de varianzas ANOVA de los PPC entre cada ciudad y sus cuatro estratos.	51
Tabla 20. Prueba Tukey entre cada estrato de los cinco cantones de estudio.	52
Tabla 21. Comparación de densidades entre los 4 estratos socioeconómicos de Riobamba.	53
Tabla 22. Comparación de densidades entre los 4 estratos socioeconómicos de Otavalo. .	53
Tabla 23. Comparación de densidades entre los 4 estratos socioeconómicos de Tena.	54
Tabla 24. Comparación de densidades entre los 4 estratos socioeconómicos de Chambo.	54
Tabla 25. Comparación de densidades entre los 4 estratos socioeconómicos de Chambo.	55
Tabla 26. Análisis de varianzas de las densidades medias entre cada estrato y los 5 cantones de estudio.	57
Tabla 27. Prueba de Tukey de las densidades entre cada estrato y los cinco cantones de estudio.	58
Tabla 28. Prueba de Tukey de las densidades en el estrato A.	59
Tabla 29. Prueba de Tukey de las densidades en el estrato B.	59
Tabla 30. Prueba de Tukey de las densidades en el estrato C.	60
Tabla 31. Prueba de Tukey de las densidades del estrato D.	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de los cantones de estudio.....	17
Figura 2. Estratificación socioeconómica de los 5 cantones de estudio.....	21
Figura 3. Habitantes por vivienda según el estrato socioeconómico de cada cantón.....	22
Figura 4. Metodología del proyecto de investigación	29
Figura 5. Escenarios de análisis para los PPC y Densidades.	31
Figura 6. Producciones diarias de residuos sólidos en los 5 cantones de estudio.	33
Figura 7. PPC promedio por cada estrato en los 5 cantones de estudio.	35
Figura 8. Comparación de las producciones medias ponderadas con valores referenciales a nivel nacional.....	36
Figura 9. Escenario de análisis “A”.....	37
Figura 10. Comparación de los PPC promedio de los 4 estratos de Riobamba.	39
Figura 11. Comparación de los PPC promedio de los 4 estratos de Otavalo.	39
Figura 12. Comparación de los PPC promedio de los 4 estratos de Tena.....	40
Figura 13. Comparación de los PPC promedio de los 4 estratos de Baños.....	40
Figura 14. Comparación de los PPC promedio de los 4 estratos de Chambo.	41
Figura 15. Escenario de análisis “B”	44
Figura 16. Comparación de los PPC promedio del estrato A en los cinco cantones de estudio.....	46
Figura 17. Comparación de los PPC promedio del estrato B en los cinco cantones de estudio.....	46
Figura 18. Comparación de los PPC promedio del estrato C en los cinco cantones de estudio.....	47
Figura 19. Comparación de los PPC promedio del estrato D en los cinco cantones de estudio.....	47

Figura 20. Densidad promedio por cada estrato en los 5 cantones de estudio.	50
Figura 21. Comparación de las densidades promedio de los 4 estratos de Riobamba.	53
Figura 22. Comparación de las densidades promedio de los 4 estratos de Otavalo.	53
Figura 23. Comparación de las densidades promedio de los 4 estratos de Tena.	54
Figura 24. Comparación de las densidades promedio de los 4 estratos de Baños.	54
Figura 25. Comparación de las densidades promedio de los 4 estratos de Chambo.	55
Figura 26. Comparación de las densidades promedio del estrato A en los cinco cantones de estudio.	59
Figura 27. Comparación de las densidades promedio del estrato B en los cinco cantones de estudio.	59
Figura 28. Comparación de las densidades promedio del estrato C en los cinco cantones de estudio.	60
Figura 29. Comparación de las densidades promedio del estrato D en los cinco cantones de estudio.	60

RESUMEN

En este proyecto de investigación se llevó a cabo un análisis comparativo de las producciones per cápita (PPC) y densidades de los residuos sólidos residenciales (RSU) en 5 ciudades del Ecuador: Riobamba, Otavalo, Tena, Baños de Agua Santa y Chambo. El objetivo principal de este estudio fue comparar las medias de PPC y densidades de RSU en las 5 ciudades y en sus 4 estratos socioeconómicos. Para ello se recopilaron y consolidaron datos de los PPC y densidades de estas ciudades. Posteriormente, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) en dos escenarios: A) comparación de los cuatro estratos de cada ciudad y B) comparación de las 5 ciudades de cada estrato. Además, se aplicó la prueba de Tukey en ambos escenarios para identificar las diferencias significativas específicas y las agrupaciones entre ciudades y estratos. Los resultados del análisis comparativo mostraron que existen diferencias significativas en las medias de PPC y densidades entre los estratos socioeconómicos de una misma ciudad, produciéndose en la mayoría de casos entre los estratos altos y bajos. Por otro lado, en la comparación entre ciudades, se determinó que el estrato A es el único estrato que tiene PPC similares en las 5 ciudades. Se obtuvo que las densidades son similares en los estratos C y D. No obstante, estas similitudes no representan el comportamiento de las poblaciones en su totalidad porque pueden variar debido a las características demográficas, económicas y hábitos de consumo de cada estrato. Incluso si las medias de PPC son similares, aún puede haber diferencias en los tipos y la proporción de los diferentes componentes de los residuos. Por lo que es necesario desarrollar políticas y estrategias más efectivas en la gestión de residuos sólidos, adaptadas al contexto específico de cada ciudad, con el objetivo de reducir la generación de residuos, fomentar la recuperación y el reciclaje, promoviendo una gestión sostenible de los mismos.

Palabras clave: producción de residuos, densidad, estratos socioeconómicos, comparación

ABSTRACT

In this research project, a comparative analysis was conducted on per capita waste generation (PCWG) and residential solid waste (RSW) densities in five cities in Ecuador: Riobamba, Otavalo, Tena, Baños de Agua Santa, and Chambo. The main objective of this study was to compare the means of PCWG and RSW densities in the five cities and their four socioeconomic strata. Data on PCWG and densities were collected and consolidated for these cities. Subsequently, an analysis of variance (ANOVA) was performed in two scenarios: A) comparison of the four strata within each city, and B) comparison of the five cities within each stratum. The Tukey test was also applied in both scenarios to identify specific significant differences and groupings among cities and strata. The results of the comparative analysis showed significant differences in the means of PCWG and densities between socioeconomic strata within the same city, mainly occurring between high and low strata.

On the other hand, in the comparison between cities, it was determined that stratum A is the only stratum with similar PCWG in all five towns. Similar densities were found in strata C and D. However, these similarities do not represent the behavior of the populations, as they may vary due to the demographic, economic, and consumption habits of each stratum. Even if the means of PCWG are similar, there may still be differences in the types and proportions of different waste components. Therefore, it is necessary to develop more effective policies and strategies in solid waste management tailored to each city's specific characteristics, aiming to reduce waste generation, promote recovery and recycling, and foster sustainable waste management.

Keywords: waste production, density, socioeconomic strata, comparison.



Reviewed by:

Mgs. Sofia Freire Carrillo

ENGLISH PROFESSOR

C.C. 0604257881

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

La gestión adecuada de los residuos sólidos urbanos (RSU) se ha convertido en un desafío cada vez más apremiante en el contexto actual. Los RSU son generados por las actividades domésticas, comerciales, industriales, limpieza de vías y áreas públicas, representan uno de los subproductos más relevantes de la vida urbana. Conforme el mundo avanza hacia un futuro más consumista y globalizado, la producción de RSU ha ido en aumento. Según un estudio realizado por Schuler et al. (2012), hace una década, había aproximadamente 2.900 millones de habitantes urbanos que producían alrededor de 0,64 kg/hab-día de RSU, lo que equivalía a 680 millones de toneladas al año. Sin embargo, en la actualidad, se estima que estas cifras han aumentado considerablemente, con alrededor de 3 mil millones de habitantes urbanos generando 1,2 kg diarios por persona, lo que se traduce en 1,3 mil millones de toneladas anuales. Además, se proyecta que para el año 2025, el número de residentes urbanos alcanzará los 4300 millones, generando aproximadamente 1,42 kg/hab/día de residuos sólidos urbanos, es decir, 2200 millones de toneladas por año. Ante este escenario, resulta fundamental abordar de manera efectiva y sostenible la gestión de los RSU para minimizar su impacto negativo en el medio ambiente y la salud pública.

La producción per cápita de residuos sólidos (PPC) es un indicador que refleja la cantidad de desechos generados por habitante en una determinada región o país. Este indicador es importante para medir el impacto ambiental y la eficacia de las políticas de gestión de residuos de cada municipalidad (OCDE 2021).

Según datos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) de 2021, la producción per cápita de residuos sólidos en los países miembros oscila entre 250 y 800 kg/hab/año, con una media de alrededor de 520 kg/hab/año. Sin embargo, existen grandes diferencias entre los países y regiones del mundo. En países de ingresos bajos y medianos, la producción per cápita de residuos sólidos es significativamente menor que en los países de ingresos altos. Según el Banco Mundial, en países de ingresos bajos, la producción per cápita de residuos sólidos es de alrededor de 0,5 kg por habitante al día, mientras que, en los países de ingresos altos, esta cifra es de alrededor de 1,5 kg por habitante al día (Banco Mundial, 2021).

La producción per cápita de residuos sólidos en Ecuador ha aumentado en los últimos años, siendo un tema preocupante para la gestión de residuos en el país. Según datos del INEC, en el año 2019 la producción per cápita de residuos sólidos fue de 0.84 kg por habitante al día.

La gestión de los desechos sólidos es un servicio municipal de vital importancia, siendo un requisito fundamental para otras acciones municipales. En Ecuador, esta responsabilidad recae en las autoridades de los GAD municipales. Los niveles de servicio, los impactos ambientales y los costos asociados varían según el contexto socioeconómico de cada municipalidad, quienes enfrentan importantes desafíos para mejorarla y reducir la

cantidad de residuos generados. Es importante tener en cuenta que la gestión de residuos es un desafío a nivel global, y la producción per cápita de desechos sólidos es solo uno de los indicadores que refleja su complejidad. Los desechos sólidos pueden tener un impacto significativo en la calidad del aire, el agua y el suelo, y su correcta gestión tiene importantes implicaciones para la salud pública y el medio ambiente. Por ello, resulta fundamental que los municipios asuman estas responsabilidades.

En Ecuador, las responsabilidades de los municipios en cuanto a la gestión de residuos están detalladas en el artículo 264, numeral 4 de la Constitución, donde se establece que el manejo de los desechos sólidos y las actividades de saneamiento ambiental son competencia exclusiva de los municipios.

La producción per cápita de residuos sólidos (PPC), depende del contexto de la ciudad de análisis. Entre los factores más importantes que influyen son el nivel económico, social, cultural, ubicación geográfica y estación del año (Orccosupa et al., 2002).

Orccosupa et al. (2002) en su investigación determinó que la producción de residuos sólidos depende directamente de los ingresos económicos, estación del año, días de la semana y educación no formal de los miembros del hogar.

En Ecuador, según el INEC (2019), se estima que en el sector urbano se producen en promedio 0.84 kg de residuos sólidos por día. En el país durante el 2019 se generaron 12.671,18 toneladas diarias de residuos sólidos. Donde se registró a la costa, como la región con mayor cantidad de residuos recolectados, con 6.229,92 toneladas diarias. Además, determinaron que solamente un 48.2% de los municipios tienen como disposición final a los rellenos sanitarios, el 19.1% disponen los residuos en botaderos controlados, el 32.7% en botaderos a cielo abierto y en celdas emergentes.

En esta investigación se realizó el análisis estadístico comparativo de las medias de PPC y densidades de 5 cantones del Ecuador: Riobamba, Otavalo, Tena, Baños y Chambo, con sus cuatro estratos socioeconómicos.

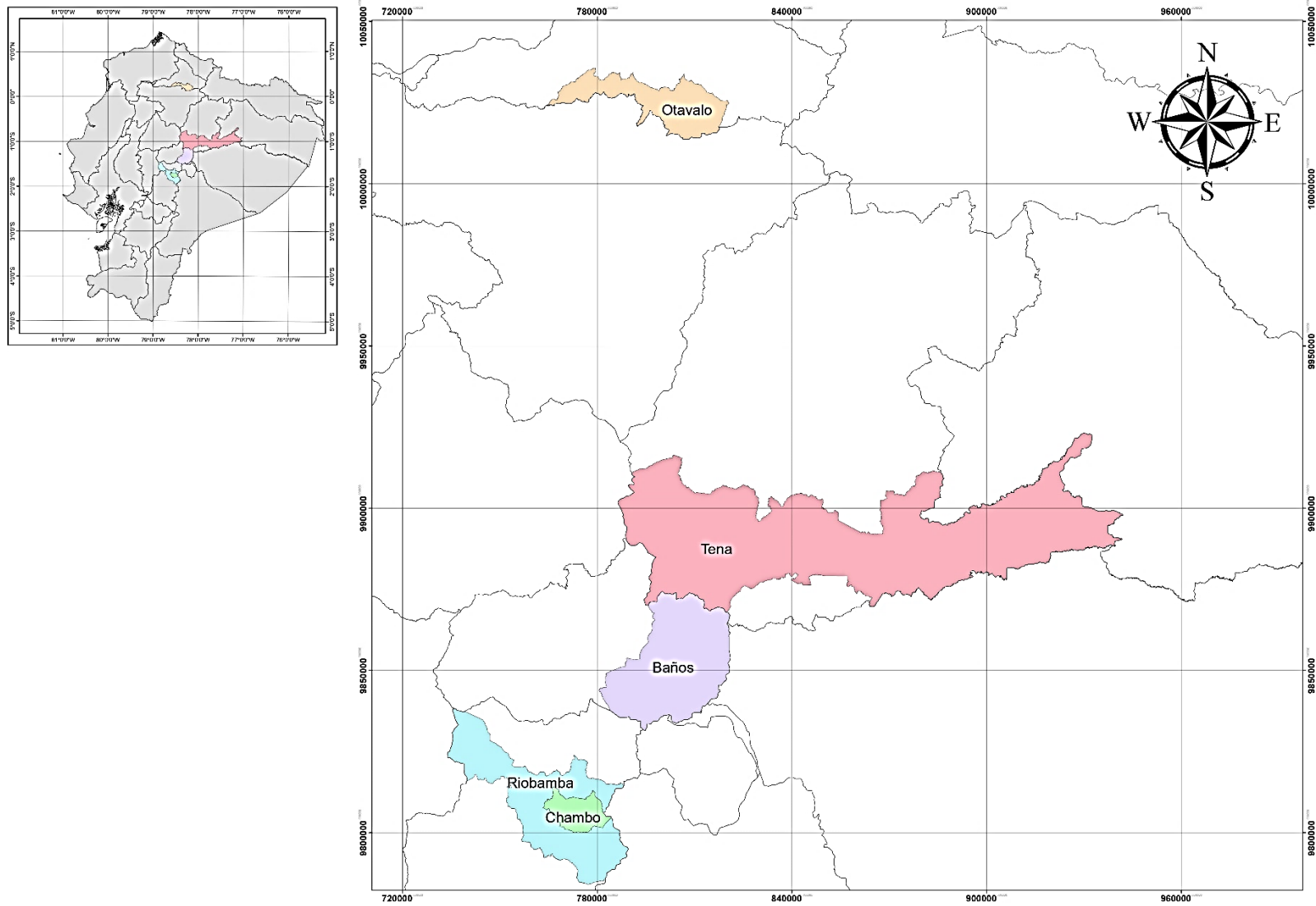


Figura 1. Ubicación geográfica de los cantones de estudio.

El cantón Riobamba se encuentra ubicado a 2.754 msnm, localizada a 175 km al sur de la ciudad de Quito, en la región Sierra Central y es la capital de la Provincia de Chimborazo. Según el INEC (2010), Riobamba tiene una población urbana de aproximadamente 146324 habitantes.

De acuerdo con el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Riobamba (2020) se estima que en Riobamba se generan diariamente aproximadamente 168 toneladas de residuos sólidos. Provenientes de domicilios, comercios, mercados, establecimientos de salud, instituciones educativas, entre otros, abarcando diversas fuentes de generación. La responsabilidad del manejo de los residuos sólidos generados en el Cantón Riobamba recae en el área de Gestión Ambiental, Salubridad e Higiene. La gestión de residuos sólidos de Riobamba consta de cinco fases fundamentales: Generación, Almacenamiento, Recolección, Separación y Aprovechamiento, y Disposición Final.

En Riobamba, la población se distribuye en diferentes estratos socioeconómicos de la siguiente manera: el Estrato B es el más poblado, con un 67.66% de la población total. El Estrato C es el segundo más poblado, con un 27.92% de la población total. Por otro lado, el Estrato A y el Estrato D son los menos poblados, con un 2.13% y un 2.29% de la población total, respectivamente (Arellano & Lindao, 2019).

Se ha determinado que el número promedio de habitantes por vivienda varía dependiendo del estrato socioeconómico. En el estrato D, que es el estrato socioeconómico con menor población, el número promedio de habitantes por vivienda es de 5.7. En el estrato C, este número disminuye a 4.8 habitantes por vivienda. En el Estrato b, que es el estrato socioeconómico más poblado, el número promedio de habitantes por vivienda es de 4.3. Finalmente, en el estrato A, el número promedio de habitantes por vivienda es de 3.9 (Izurieta Recalde et al., 2022).

De acuerdo con el GADM Riobamba (2020), en Riobamba la producción per cápita de residuos sólidos se estima en 0.60 kg/hab/día. Los residuos generados en el cantón Riobamba son destinados al vertedero ubicado en la parroquia Cubijés, específicamente en el sector San Jerónimo de Porlón.

El cantón Otavalo está ubicado en la provincia de Imbabura, al norte de la región sierra. Limita al norte con Cotacachi y Atuntaqui, al sur con Cayambe y Pedro Moncayo (Tabacundo). Al este con Ibarra y Cayambe y al este con Quito y Cotacachi.

La población es de aproximadamente 110,461 habitantes con 44,536 habitantes en el sector urbano. Su economía se basa principalmente en la producción y comercio textil, venta de artesanías y turismo (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Otavalo, 2020).

En Otavalo se realizó un estudio de la distribución de los habitantes por vivienda y la correspondiente distribución poblacional por estrato socioeconómico. Los resultados indican que el estrato B es el más representativo, con una distribución poblacional del 57.18%, y con una media de 4.3 habitantes por vivienda. Le sigue el estrato C, con una distribución del 32.29% y una media de 5.0 habitantes por vivienda. El estrato D presenta

una distribución poblacional del 7.12%, con una media de 5.7 habitantes por vivienda. El estrato A, por su parte, presenta la menor distribución poblacional, con un 3.41%, y una media de 4.4 habitantes por vivienda (Cárdenas Averos & Patiño Robles, 2022).

Según el GADM Otavalo (2020), la cobertura del servicio de recolección de desechos es del 100% en el área urbana, donde se tiene una producción per cápita de residuos sólidos de 0.51 kg/hab-día para el sector urbano, mientras que para el sector rural es de 0.39 kg/hab-día.

El Cantón Tena está situado en el centro occidente de la región amazónica ecuatoriana, al sur de la provincia de Napo. Su extensión territorial abarca aproximadamente 3.897,41 Km². Según datos del INEC (2010), en el sector rural de Tena residen 37.573 habitantes, mientras que en el sector urbano la población alcanza los 23.307 habitantes.

En Tena, la distribución de habitantes por vivienda muestra que el estrato D es el que presenta mayor cantidad de habitantes por vivienda, con un promedio de 5.3 personas. Le sigue el estrato C, con 4.3 habitantes por vivienda, mientras que el estrato B, tiene un promedio de 4.0 personas. El estrato A tiene la menor cantidad de habitantes por vivienda, con un promedio de 3.3 personas. En cuanto a la distribución de población, el estrato C también es el más poblado con el 68.28%, seguido del estrato B con el 26.61%, mientras que el estrato D representa el 4.84% y el estrato A solo el 0.27% (Ibarra, 2015).

Según el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Tena (2020), Tena cuenta con un deficiente servicio de recolección y tratamiento de desechos, poseen rellenos sanitarios antitécnicos y colapsados. Además, el sitio de disposición final es inadecuado, se encuentra en zona de expansión urbana y en suelo de protección.

El cantón Baños de Agua Santa se encuentra a 1820 m.s.n.m, ubicado al sureste de la provincia de Tungurahua. Limitando al norte con el cantón Tena; al sur, con el cantón Penipe y el cantón Palora; al este, con el cantón Mera; y al oeste, con el cantón Patate y cantón Pelileo (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Baños, 2019). Según el INEC (2010), el cantón Baños de Agua Santa tiene 20018 habitantes, con una tasa de crecimiento poblacional de 2,44% anual. La zona urbana es la de mayor concentración poblacional con un 73.2% del total, contando con 13619 habitantes.

Baños de Agua Santa tiene una distribución de población donde el estrato C representa el mayor porcentaje con un 50.73%, seguido del estrato B con un 34.40%, el estrato D tiene un 14.49% y el estrato A el menor porcentaje con un 0.48%. En cuanto a los habitantes por vivienda, el estrato A tiene un promedio de 3.8 habitantes, el estrato B tiene 3.6 habitantes, el estrato C también 3.6 habitantes y el estrato D tiene un promedio de 4.0 habitantes por vivienda (Lara & Pérez Caicedo, 2016).

Según el GADM Baños (2019), Baños registra un PPC de 0.54 kg/hab/día. Además, se menciona que esta cifra no es estable, debido a la cantidad de residuos que se producen por la población flotante (turistas).

Chambo se encuentra ubicado en la región sierra, en la parte noreste de la provincia de Chimborazo y sureste de la ciudad de Riobamba. Según el INEC (2010), Chambo tiene una población de 11.885 habitantes, de la cual la población urbana es de 4.639 habitantes.

En Chambo, la distribución de los estratos socioeconómicos muestra que el 62.69% de la población pertenece al estrato B, seguido por el 35.07% en el estrato C y el 0.75% en el estrato A, siendo este último el de menor representatividad. En cuanto a los habitantes por vivienda, el estrato A tiene un promedio de 3.5 habitantes por vivienda, mientras que el estrato B y C tienen un promedio de 3.8 y 4.2 habitantes por vivienda, respectivamente. Por su parte, el estrato D tiene el mayor promedio de habitantes por vivienda con 5.5, pero su representatividad es bastante baja con solo el 1.49% de la población en este estrato (González Bautista & Gavilanes Montoya, 2014).

Según el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Chambo (2018), la cobertura de recolección de desechos en el cantón es del 81.15%. Estos desechos recolectados son depositados en el botadero a cielo abierto del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba. Sin embargo, se registra que un 2.74% de los desechos son arrojados en terrenos baldíos o quebradas, mientras que un 14.08% se quema como método de eliminación. Además, un 1.34% se entierra, un 0.29% se arroja al río, acequia o canal, y un 0.39% se eliminan utilizando otras prácticas.

Para los análisis comparativos de las medias de PPC y densidades, se tomará como línea base de información, los datos socioeconómicos y de RSU obtenidos en investigaciones previas realizadas bajo la metodología de Arellano et al. (2012), para la caracterización urbanística y socioeconómica. El método de Arellano & Cabezas (2014), para determinar la muestra representativa. Las técnicas de Arellano et al. (2013), para cuantificar las medias de PPC, cuarteo y homogenización, componentes y densidad. En la **Figura 2** y en la

Figura 3 se presentan los datos socioeconómicos más importantes de los 5 cantones de estudio.

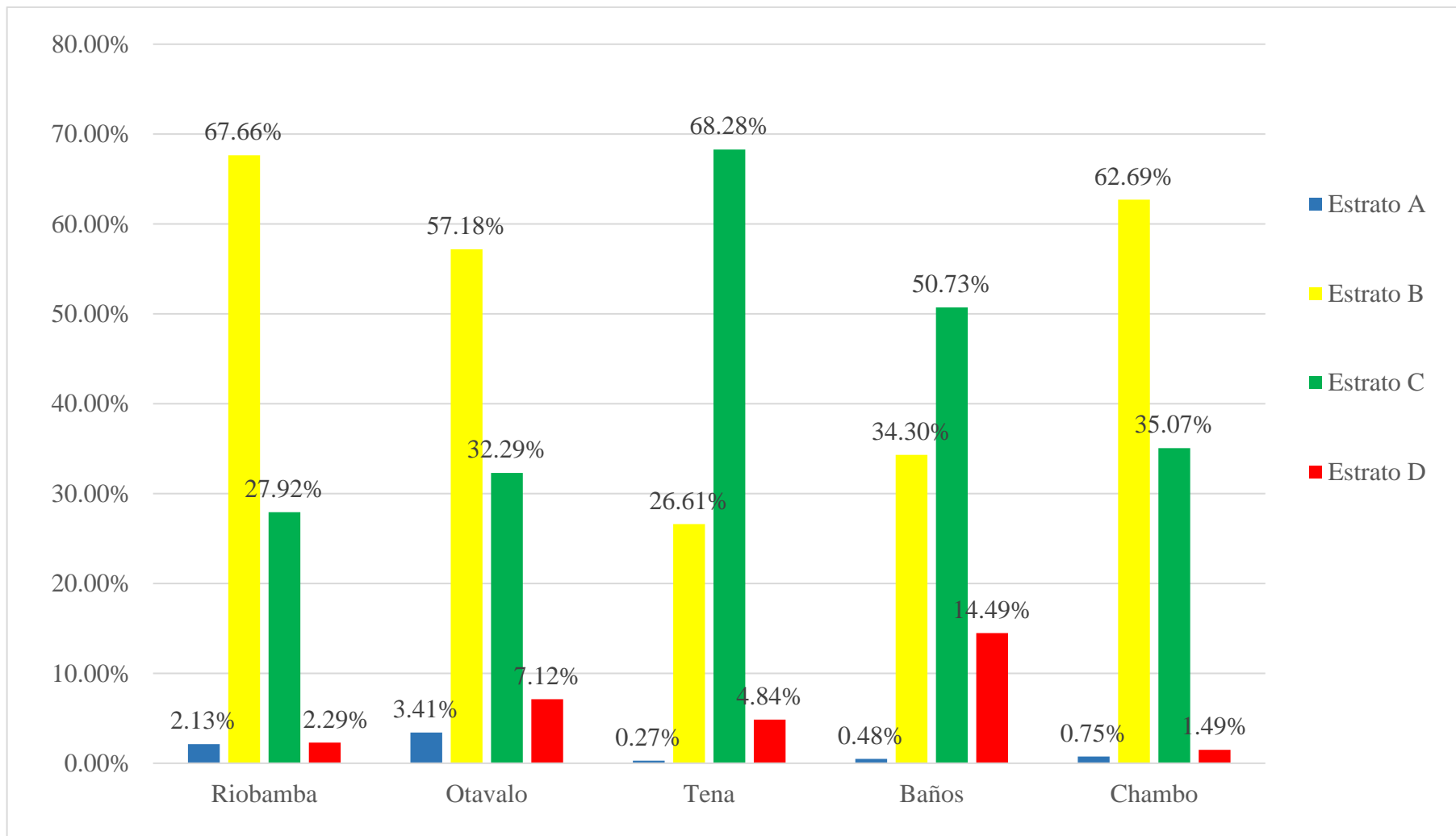


Figura 2. Estratificación socioeconómica de los 5 cantones de estudio.

Fuente: Arellano et al. (2014), Cárdenas Averos y Patiño Robles (2022), Rosales Ibarra (2015), Pérez Caicedo (2015), y González Bautista y Gavilanes Montoya (2014).

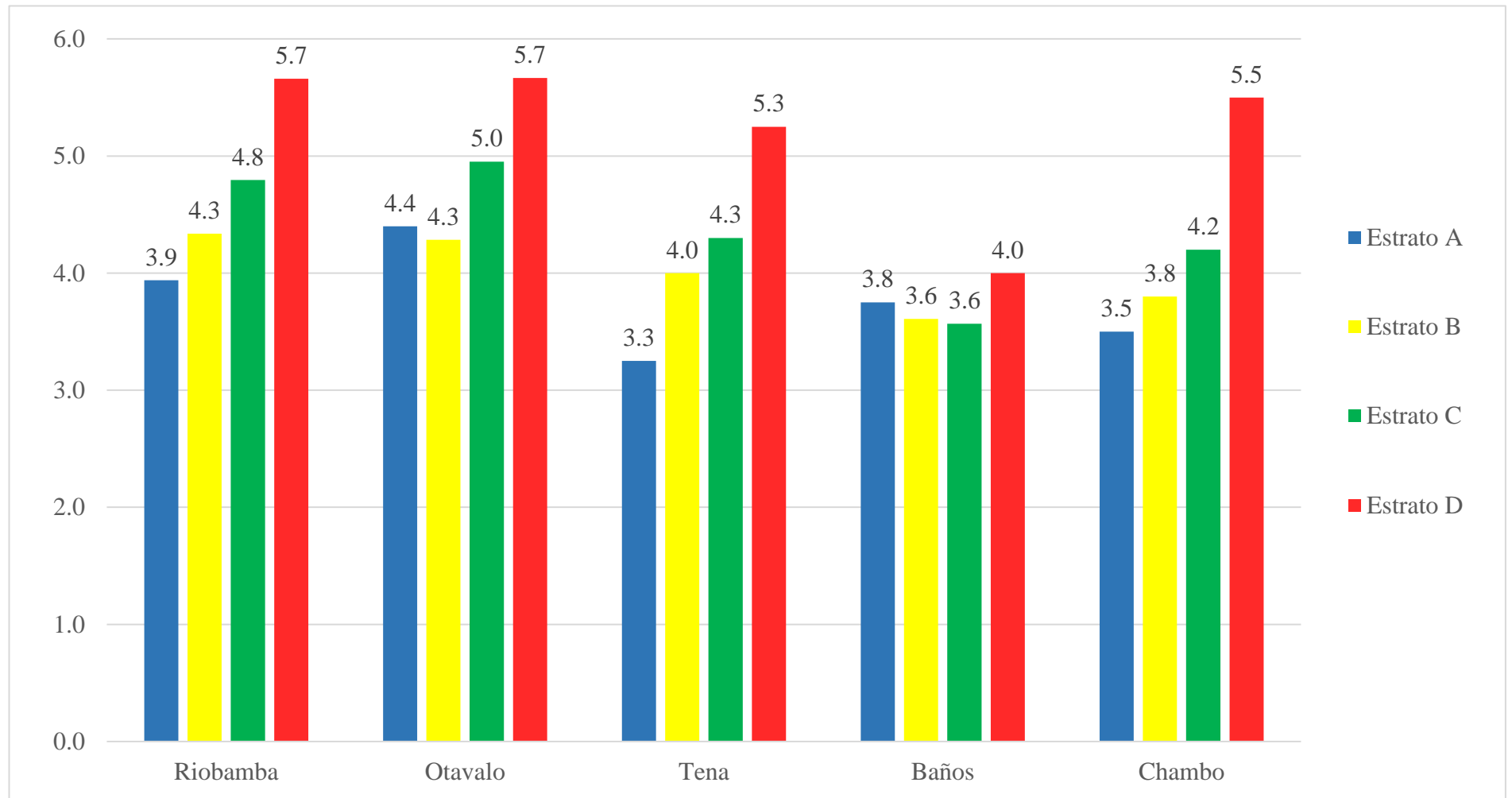


Figura 3. Habitantes por vivienda según el estrato socioeconómico de cada cantón.

Fuente: Arellano et al. (2014), Cárdenas Avero y Patiño Robles (2022), Rosales Ibarra (2015), Pérez Caicedo (2015), y González Bautista y Gavilanes Montoya (2014).

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, algunos cantones se enfrentan al desafío de la saturación temprana de sus rellenos sanitarios, lo que los obliga a planificar ampliaciones, cierres técnicos y buscar nuevos espacios para la disposición final de sus residuos. Además, se requiere la implementación o renovación de contenedores, pero se encuentran con la dificultad de que los GAD municipales presentan información desactualizada sobre los PPC y densidades, en algunos casos la única información disponible es la publicada por el INEC en 2014. Además, se debe tomar en cuenta que la Asociación de Municipalidades Ecuatorianas (AME) recomienda que la caracterización de RSU se debe realizar cada dos años (Soliz Torres et al., 2020).

1.3 JUSTIFICACIÓN

En Ecuador, existe un déficit de información sobre la caracterización de residuos sólidos, los datos y estadísticas que disponen los municipios sobre la producción per cápita de residuos y densidades es limitada, son pocos los municipios que tienen estadísticas propias y específicas de su municipalidad, lo que produce deficiencias en los planes de manejo integral de residuos sólidos, los sitios de disposición final no son los indicados, las coberturas de recolección no abarcan toda la municipalidad, contenedores de basura sub y sobredimensionados. Esto se debe principalmente a la ausencia de registros e información de la producción, composición y densidad de los desechos, lo que no permite diseñar planes de gestión de residuos óptimos.

En nuestro país no existe una normativa específica para la gestión de residuos, según el artículo 55 del COOTAD se establece que, los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales son los responsables directos del manejo de los residuos sólidos (Espín Oleas, 2018). Si bien el ente regulador de políticas públicas que busca la mejora de las condiciones ambientales es el Ministerio del Ambiente, cada GAD municipal tiene una normativa propia y distinta, que cumple en menor o mayor cantidad los requerimientos de otras normativas a nivel mundial.

Esta investigación puede ayudar a identificar patrones y tendencias en la producción de residuos sólidos en diferentes ciudades. Lo que permitiría comprender las causas de las diferencias en la generación de residuos entre las ciudades y puede servir como base para implementar medidas eficaces de reducción y gestión de residuos. Compartiendo políticas y programas entre ciudades donde su comportamiento sea similar, promoviendo las buenas prácticas implementadas de una ciudad a otra, para impulsar la adopción de enfoques más sostenibles en la reducción, reciclaje y tratamiento de los residuos sólidos.

1.4 OBJETIVOS

Objetivo General

- Comparar las producciones per cápita y las densidades de los residuos sólidos residenciales de cinco ciudades del Ecuador.

Objetivos Específicos

- Compilar y depurar datos de los PPC y densidades de residuos sólidos urbanos de los cantones Riobamba, Tena, Otavalo, Baños y Chambo.
- Realizar el análisis de varianzas (ANOVA) para determinar si existen diferencias significativas en los PPC y densidades, comparando entre estratos socioeconómicos del mismo cantón y entre cantones.
- Realizar la prueba de Tukey para definir esas diferencias y agruparlas cuantitativamente.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO TEÓRICO

Residuos Sólidos Residenciales Urbanos

Los residuos sólidos urbanos (RSU) son definidos como aquellos residuos producidos por la actividad humana en los núcleos urbanos, compuestos por una mezcla de materiales, principalmente de origen doméstico y comercial, así como también otros provenientes de la actividad pública y privada (Gallardo et al., 2016).

Producción per cápita de residuos sólidos

La producción per cápita de residuos sólidos urbanos (RSU) se define como la cantidad de residuos generados por cada persona en una determinada área o país en un período de tiempo específico. Según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, la producción per cápita de residuos sólidos urbanos es una medida comúnmente utilizada para evaluar la cantidad de residuos generados por la población en una determinada área geográfica (EPA, 2021).

La producción per cápita de RSU se puede medir en diferentes unidades, como kg/hab/día o kg/hab/año, y varía ampliamente según la región y el país. Como mencionan Hossain & Rahman (2018), la producción per cápita de RSU depende de muchos factores, como la tasa de urbanización, la tasa de crecimiento de la población, el nivel de ingresos y los patrones de consumo.

Densidad de residuos sólidos

La densidad de los residuos sólidos urbanos (RSU) se refiere a la cantidad de peso que ocupa una unidad de volumen de residuos. Según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, "la densidad de los residuos sólidos urbanos varía ampliamente según el tipo de residuo, el clima y la región geográfica" (EPA, 2021).

En general, la densidad de los RSU puede variar desde 100 kg/m³ hasta 800 kg/m³, dependiendo del tipo de residuo y del grado de compactación. Según Gómez et al. (2020), la densidad de los RSU se ve influenciada por factores como el tamaño y la forma de los residuos, el grado de compactación, la presencia de materiales orgánicos y la humedad.

2.2 ESTADO DEL ARTE

Como medida ante el incremento masivo en la generación de residuos, además de las insuficientes políticas de gestión de desechos, la Asociación de Municipalidades Ecuatorianas (AME) y el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), en 2014 establecieron un convenio para realizar un levantamiento e intercambio de información, para posteriormente realizar una publicación de datos oficiales.

En Ecuador, la gestión integral de los residuos sólidos está estructurada y regulada por el Ministerio del Ambiente, sin embargo, según la Constitución de la República de Ecuador y el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD), determinan que los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales son los que tienen competencia en el manejo y gestión de los desechos dentro de su municipalidad (Rea, 2017).

Esta ausencia de una normativa general y específica para todos los GADs, se ha convertido en uno de los puntos de mayor conflicto en la administración pública. Entre los lineamientos más importantes, está la necesidad de que los GADM dispongan de un relleno sanitario que cumpla con los requerimientos y normas técnicas pertinentes.

La gestión de desechos sólidos necesita información previa para poder realizar otras acciones municipales de recolección y disposición final. Se requiere de datos necesarios como la población, estratificación socio económica, producción por habitante y densidad. Estos datos son indispensables para planificar de manera eficiente y para diseñar un relleno sanitario que cumpla con los requerimientos de capacidad y vida útil óptimos (Sáez & G., 2014).

La producción per cápita de residuos sólidos urbanos (RSU) varía según los diferentes estratos socioeconómicos de la población, y puede ser influenciada por diversos factores como el nivel de ingresos, el tipo de vivienda, el comportamiento de consumo y la cultura de separación de residuos. Varios estudios han demostrado que la producción de residuos sólidos varía significativamente según el nivel socioeconómico de la población. En general, los hogares de estratos socioeconómicos más altos tienden a generar una mayor cantidad de residuos sólidos, en comparación con los hogares de estratos socioeconómicos más bajos.

Según López-Valdez et al. (2019), en un estudio realizado en México se determinó una relación directa entre la producción per cápita de RSU y el nivel socioeconómico de la población, siendo los estratos de mayores ingresos los que generan una mayor cantidad de residuos.

Pineda et al. (2017), en su estudio realizado en la ciudad de Medellín, encontraron que la producción per cápita de RSU varía según el comportamiento de consumo y la cultura de separación de residuos en los diferentes estratos socioeconómicos. Determinaron que los hogares de estratos socioeconómicos más altos son los de mayor producción de residuos.

Este comportamiento no solo se produce en Latinoamérica, un estudio realizado en la ciudad de Shanghái, Wenhua Li & Juntao Wang (2021) encontraron que el nivel económico de los hogares influye en la producción de residuos sólidos de cocina. Según los autores, los hogares de nivel económico alto tienden a generar una mayor cantidad de residuos sólidos de cocina que los hogares de nivel económico bajo. Esto se debe a que los hogares de nivel económico alto tienen una mayor capacidad para comprar alimentos de mayor calidad y en mayores cantidades, lo que lleva a una mayor generación de residuos sólidos.

De la misma manera en la ciudad de Madrid, España, se encontró que los hogares de estratos más altos generaron una mayor cantidad de residuos sólidos que los hogares de estratos más bajos, y que esto se debió en parte al mayor consumo de productos envasados y a la mayor cantidad de envases y embalajes que se utilizan en los hogares de estratos altos (Domínguez-Solís et al., 2014).

Sin embargo, no siempre resulta ser el estrato más alto el de mayor producción. En la ciudad de Santiago de Chile, se encontró que los hogares de nivel socioeconómico más bajo generaban una cantidad significativamente mayor de residuos orgánicos y residuos de plástico en comparación con los hogares de nivel socioeconómico más alto (Céspedes et al., 2020).

En la ciudad de Hyderabad, India, se encontró que en los estratos más bajos se generaban una mayor cantidad de residuos orgánicos y residuos de papel en comparación con los estratos más altos (Nalini & Sekhar, 2016).

En una investigación realizada en la ciudad de São Paulo, por Ferreira & Mello (2020), se encontró que la producción per cápita de RSU varía significativamente según el tipo de vivienda. Determinaron que la producción per cápita de residuos sólidos urbanos se ve influenciada por el tipo de vivienda de los hogares, siendo los apartamentos de clase media-alta y alta los que generan una menor cantidad de residuos.

Por otra parte, la relación que tienen las densidades de residuos sólidos con las producciones per cápita generalmente es directa y lineal, un estudio realizado en 2015 evaluó la relación entre la producción per cápita de residuos y la densidad de residuos en dos comunidades de México con diferentes niveles de desarrollo urbano. Los resultados mostraron que la densidad de residuos sólidos en ambas comunidades aumentó a medida que la producción per cápita de residuos sólidos aumentaba. Además, la densidad de residuos sólidos en la comunidad menos desarrollada urbana fue significativamente mayor que en la comunidad más desarrollada urbana, a pesar de que la producción per cápita de residuos sólidos era similar en ambas comunidades (García-González, 2015).

Sin embargo, no todas las tendencias de las producciones de residuos sólidos son uniformes y directamente proporcionales a las densidades, ya que en un estudio donde se evaluó la densidad de residuos sólidos en diferentes áreas urbanas de Nigeria, los resultados mostraron que las densidades de residuos sólidos en áreas urbanas densamente pobladas y con niveles socioeconómicos más bajos eran significativamente mayores que en áreas urbanas menos densas y con niveles socioeconómicos más altos (Adedeji & Gbadegesin, 2016).

Las costumbres de cada población es un factor que influye en la producción de residuos sólidos, esta puede variar significativamente entre ciudades de poblaciones similares, dependiendo de factores como la cultura, el comportamiento de consumo y la infraestructura de gestión de residuos, como el caso de la ciudad de Osaka (Japón) y la ciudad de Taipéi (Taiwán), ambas tienen poblaciones similares, pero Osaka produce una mayor cantidad de residuos sólidos per cápita. Esto se debe principalmente porque Osaka tiene una cultura de consumo más intensiva y una menor tasa de reciclaje en comparación con Taipéi (Takahashi et al., 2013).

Sin embargo, existen casos en los que varias ciudades comparten similitudes en las producciones de residuos sólidos, en un estudio de 2013 se comparó las producciones de residuos en las ciudades asiáticas de Tokio y Seúl. Se encontraron similitudes en las medias de producción per cápita y en la composición de los residuos, lo que sugiere patrones de consumo similares y prácticas de gestión de residuos comparables (Seo & Yoshida, 2013).

En el informe publicado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), se comparó las producciones de residuos en ciudades como Nueva York, Chicago y Los Ángeles, donde se concluyó que las similitudes en las medias de PPC y la composición de los residuos, reflejaban patrones de consumo y comportamiento similares en estas áreas urbanas. Resaltaron la importancia de políticas y programas de gestión de residuos enfocados en la reducción, reutilización y reciclaje para abordar los desafíos comunes y promover prácticas sostenibles (EPA, 2020).

Además, pueden existir casos en los que las producciones de residuos sólidos son similares en 2 o más estratos socioeconómicos. En un estudio realizado en la ciudad de Vancouver, se encontró que la producción de residuos sólidos no difería significativamente entre los diferentes estratos socioeconómicos y que la densidad de población era el factor más importante en la cantidad total de residuos generados (Tsuji et al., 2014).

En un estudio realizado en los Estados Unidos por Barlaz et al. (2009), se analizaron los residuos sólidos generados por seis ciudades diferentes y se encontró que, aunque la producción per cápita de residuos variaba entre 0,5 y 1,7 kg/hab/día, la densidad de los residuos era similar y oscilaba entre 235 y 280 kg/m³.

Las diferencias que se producen pueden estar influenciadas por varios factores, como el nivel de ingresos, el comportamiento de consumo, el tipo de vivienda y la cultura de separación de residuos. Por ejemplo, los hogares con mayores ingresos económicos tienden a consumir más bienes y servicios, lo que se traduce en una mayor cantidad de residuos

generados. Además, estos hogares pueden tener acceso a una mayor variedad de productos y envases, lo que también contribuye a la producción de residuos.

Arellano et al. (2013), mediante el “método de caracterización urbanística y socioeconómica para poblaciones menores a 150000 habitantes”, realizaron un estudio donde caracterizaron los residuos sólidos de la ciudad de Riobamba, obteniendo un PPC medio ponderado de 0.65 kg/hab/día, donde determinaron que el estrato económico más bajo era el de mayor cantidad de producción per cápita, seguido del estrato B.

En el estudio realizado por Cárdenas & Patiño (2022), caracterizaron los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Otavalo, obteniendo un PPC ponderado de 0.63 kg/hab/día. Determinaron que, en Otavalo, la producción per cápita de residuos sólidos es inversamente proporcional al número de personas por vivienda. Siendo el estrato B, el de mayor producción per cápita de residuos.

Rosales (2015) realizó una investigación en la ciudad de Tena, donde determinó la producción media diaria de 14.981 ton/día, la producción media per cápita ponderada (PPC) obtenida fue de 0.57 kg/hab/día, donde determinó que los estratos socioeconómicos más altos son los que tienen mayor producción de residuos.

Lara & Pérez (2016) en su estudio en el cantón Baños determinaron un PPC medio ponderado de 0.503 kg/hab/día, donde obtuvieron medias de PPC similares entre todos los estratos socioeconómicos, teniendo las producciones más altas en los estratos A y B.

González Bautista & Gavilanes Montoya (2014) en su investigación realizada en el cantón Chambo, determinaron un PPC medio ponderado de 0.32 kg/hab/día. Siendo el estrato A, el de mayor producción per cápita de residuos sólidos.

Parco (2023) comparó la composición de los componentes de residuos sólidos de las ciudades de Riobamba, Otavalo, Tena, Baños y Chambo. Determinó que existen diferencias significativas en los componentes más relevantes de las 5 ciudades, como los componentes orgánicos, papel y cartón.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

La metodología utilizada en el desarrollo de esta investigación fue de tipo cuantitativa, en base a una recolección de datos cuantitativos, con una medición sistemática, para posteriormente emplearla en los análisis comparativos estadísticos. Tal y como se muestra en la **Figura 4**.

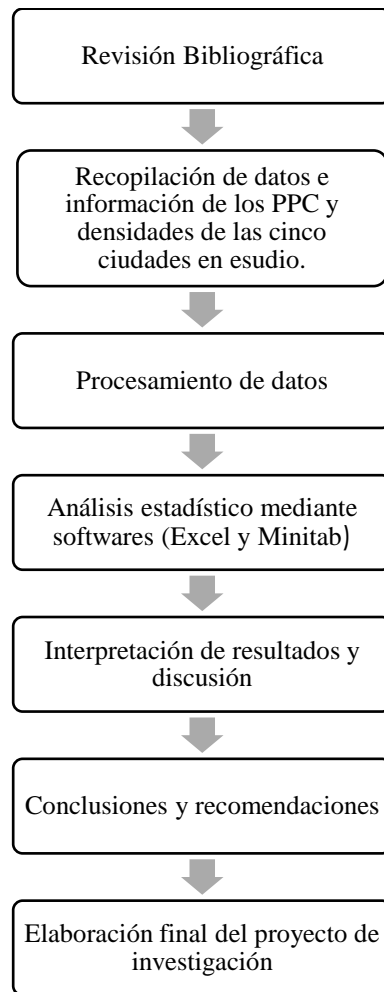


Figura 4. Metodología del proyecto de investigación

El proceso de esta investigación comenzó inicialmente con la revisión bibliográfica, se analizó toda la información disponible a cerca del tema, dirigido especialmente a la caracterización de las producciones per cápita y las densidades sueltas de residuos sólidos urbanos, para lo cual se utilizarán recursos digitales como ResearchGate, ProQuest, Scopus, Repositorios Universitarios, Revistas digitales como NovaSinergia, Google Académico y páginas web.

Se procedió a la recopilación de los datos sobre los PPC y densidades de residuos sólidos urbanos de los cantones Riobamba, Tena, Otavalo, Baños y Chambo. Los datos fueron obtenidos a partir de tesis anteriores y por datos impartidos por parte del tutor de su base de datos. Se organizó los datos de PPC y densidades por Cantón, estrato y por semana. Se realizó una depuración manual de datos con valor cero y celdas vacías.

Los datos recolectados se manejaron en kg/hab/día para los PPC y para las densidades en kg/m³. Están ordenados por estrato socio económico y por cantón, al referirse a estratos estos son cuatro (estrato A, estrato B, estrato C y estrato D), fue necesario eliminar los datos anómalos o atípicos, ya que estos pueden distorsionar la media y la desviación estándar de los datos.

Para el procesamiento de datos, se obtuvo la siguiente cantidad de datos en los PPC y densidades:

Tabla 1. Numero de datos de PPC y densidades de los cinco cantones de Estudio.

CIUDAD	DATOS REGISTRADOS LEVANTAMIENTO	DATOS ATIPICOS	DATOS ANALISIS ESTADISTICO
RIOBAMBA	930	64	866
OTAVALO	908	18	890
TENA	337	6	331
BAÑOS	474	13	461
CHAMBO	315	6	309
TOTAL	2964	107	2857

Para los análisis comparativos de PPC y densidades, se realizará el análisis entre estratos de la misma ciudad y entre ciudades con el mismo estrato económico. Para ello se cuenta con la información de cinco ciudades que fueron levantados durante siete días en diferentes años. En estas investigaciones para realizar la caracterización urbanística y socioeconómica se empleó el método de Arellano et al. (2012). Para determinar la muestra de estudio se empleó el método de Arellano & Cabezas (2014), para producción de residuos sólidos en poblaciones inferiores a 150 000 habitantes. El muestreo y caracterización de residuos sólidos fue realizado siguiendo la técnica de Arellano et al. (2013), donde se detalla las técnicas para cuantificar producción per cápita, cuarteo y homogenización, componentes y densidad.

La ecuación para determinar la producción per cápita en función del número de sus habitantes expresado en Kg/Hab/día es calculada con la Ec. 1.

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

Se considera el cálculo del PPC ponderado, al valor que representa la distribución socioeconómica mediante la Ec. 2.

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

Donde:

- PPC (Ponderado) se obtendrá en Kg/hab/día
- **PPCi**: Producción per cápita promedio de los días muestreados correspondiente al estrato i
- **i**: Estrato socioeconómico. Puede ser: A, B, C o D.
- **%i**: Es la relación entre cada estrato y la población total expresado en porcentaje.

Para el análisis estadístico de los PPC y densidades se ha tomado en cuenta dos escenarios de análisis, tal como se observa en la **Figura 5**. El primer escenario, denominado A, comprende un análisis donde se analiza cada cantón por separado. En el

segundo escenario, denominado B, donde se realizó el análisis estadístico entre las cinco ciudades y un mismo estrato, esto se hizo para cada uno de los cuatro estratos.

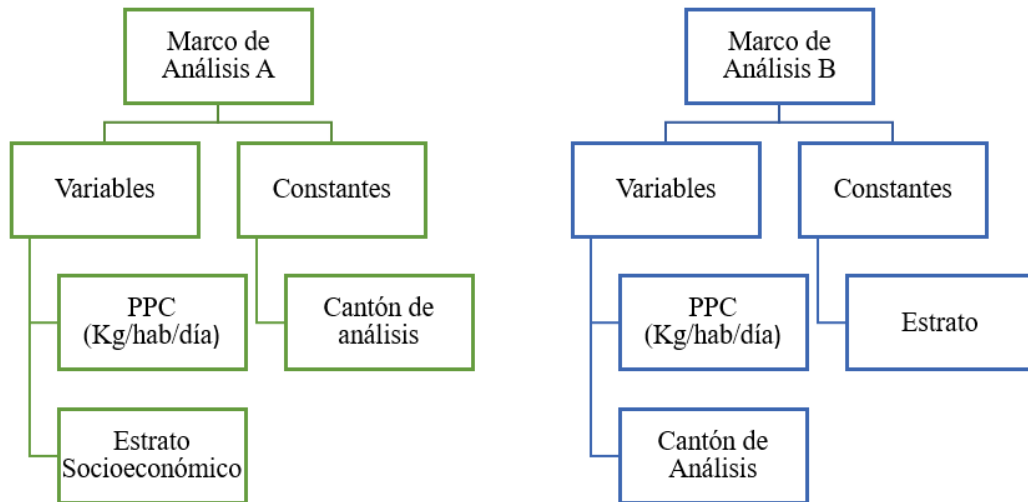


Figura 5. Escenarios de análisis para los PPC y Densidades.

Posteriormente, se realizó el análisis de varianza (ANOVA) para determinar si todas las medias son iguales o son significativamente diferentes. El análisis ANOVA plantea una hipótesis nula (todas las medias son iguales) y una hipótesis alternativa (no todas las medias son iguales) con un nivel de significancia (α) de 0,05.

Si el valor p (valor de probabilidad de obtener una estadística de prueba que sea por lo menos tan extrema como el valor calculado real) es mayor que el nivel de significancia, la hipótesis nula es verdadera, por lo que se considera que todas las medias son iguales, por otro lado, si el valor p es menor que 0.05, la hipótesis alternativa es verdadera, por lo que se considera que al menos un valor de las medias de la muestra es diferente (Caicedo Corozo, 2022).

Una vez realizado el análisis ANOVA, se procedió a aplicar la prueba Tukey. Esta prueba complementa al análisis ANOVA, de esta manera nos permite agrupar las medias y conocer cuáles son significativamente diferentes. Lo que permitió crear intervalos de confianza entre las medias, ajustando el nivel de confianza de cada intervalo a un 95%. De esta manera se podrá observar qué ciudades y estratos producen significativamente el mismo PPC y densidad. (Caicedo Corozo, 2022).

Se realizaron gráficas comparativas para visualizar de mejor manera la tendencia y el comportamiento de los PPC y densidades, comprándolos entre ciudades y estratos. Con el análisis final de los resultados y la validación de estos, se procederá a elaborar el informe final.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS PRODUCCIONES PER CÁPITA (PPC)

Para realizar el análisis estadístico de los PPC se organizó la información por día y por estrato socioeconómico en los 5 cantones de estudio (Riobamba, Otavalo, Tena, Baños y Chambo). Los datos procesados fueron en kg/hab/día, los cuales fueron levantados durante los 7 días de la semana.

En la **Tabla 2** se presentan los datos depurados de las producciones promedio diarias de cada estrato socioeconómico de los 5 cantones de estudio. Los cantones están ordenados de forma descendente, según su número de habitantes.

Tabla 2. Producciones per cápita (PPC) de los 5 cantones de estudio

Cantón	Estrato	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Riobamba	Estrato A	0.61	0.51	0.59	0.48	0.45	0.50	0.75
	Estrato B	0.67	0.62	0.57	0.61	0.60	0.52	0.72
	Estrato C	0.59	0.36	0.43	0.52	0.30	0.43	0.37
	Estrato D	0.45	0.51	0.49	0.41	0.42	0.46	0.76
Otavalo	Estrato A	0.49	0.52	0.53	0.52	0.51	0.49	0.49
	Estrato B	0.68	0.66	0.63	0.66	0.67	0.68	0.66
	Estrato C	0.52	0.60	0.55	0.56	0.56	0.58	0.52
	Estrato D	0.65	0.72	0.70	0.68	0.66	0.65	0.60
Tena	Estrato A	0.61	0.60	0.60	0.62	0.58	0.60	0.55
	Estrato B	0.64	0.62	0.64	0.62	0.63	0.64	0.65
	Estrato C	0.57	0.56	0.56	0.55	0.55	0.53	0.57
	Estrato D	0.50	0.48	0.52	0.52	0.52	0.50	0.51
Baños	Estrato A	0.58	0.49	0.53	0.52	0.38	0.38	0.70
	Estrato B	0.54	0.69	0.59	0.55	0.46	0.35	0.51
	Estrato C	0.44	0.52	0.48	0.54	0.47	0.42	0.39
	Estrato D	0.35	0.53	0.49	0.45	0.45	0.35	0.39
Chambo	Estrato A	0.57	0.51	0.50	0.52	0.50	0.55	0.70
	Estrato B	0.27	0.34	0.32	0.31	0.28	0.31	0.31
	Estrato C	0.31	0.35	0.33	0.34	0.33	0.33	0.32
	Estrato D	0.32	0.29	0.28	0.30	0.29	0.35	0.34

En la **Figura 6** se presenta gráficamente el contenido de la **Tabla 2**, se puede observar que las producciones máximas se dan en la mayoría de los casos durante los fines de semana y entre los lunes y martes.

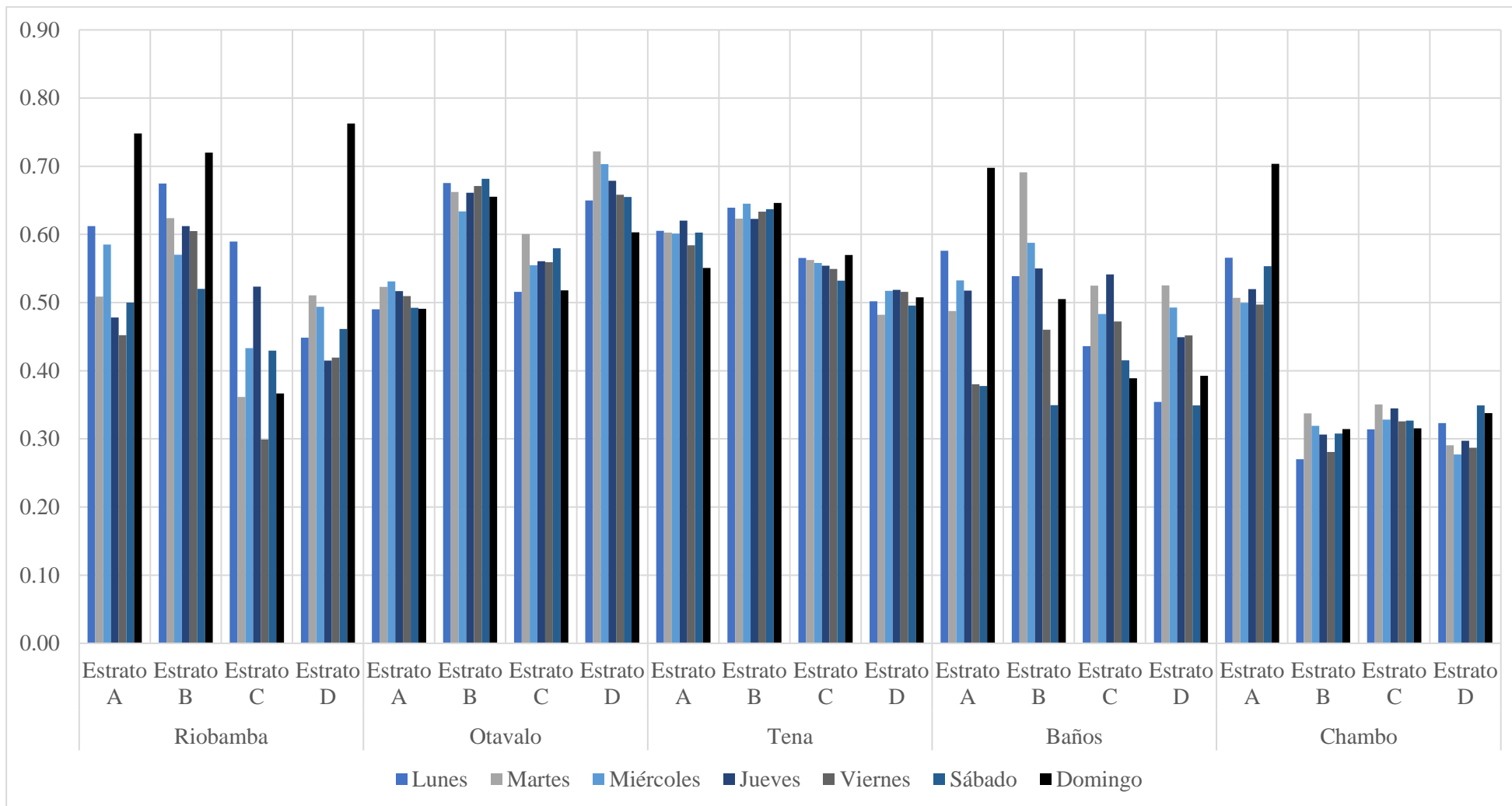


Figura 6. Producciones diarias de residuos sólidos en los 5 cantones de estudio.

Para una mejor observación, se presenta las medias de producción per cápita por cada estrato en los 5 cantones de estudio (**Tabla 3**).

Tabla 3. Producción per cápita promedio de los estratos en los 5 cantones de estudio (kg/hab/día).

Estrato	Riobamba	Otavalo	Tena	Baños	Chambo
Estrato A	0,56	0,51	0,60	0,51	0,55
Estrato B	0,62	0,66	0,64	0,53	0,31
Estrato C	0,44	0,56	0,56	0,47	0,33
Estrato D	0,51	0,67	0,51	0,43	0,31
Promedio	0,53	0,60	0,57	0,49	0,37
PPC Ponderado (kg/hab/día)	0,57	0,62	0,57	0,48	0,32

A través de la **Ec. 2** se obtuvo la producción per cápita media ponderada para cada cantón. En la **Tabla 3** y en la **Figura 7** se puede observar que para la mayoría de los cantones si existen diferencias entre la producción promedio y la producción ponderada. Esto se debe a las diferencias en la producción entre los estratos socioeconómicos, por lo que el estrato con mayor distribución afecta significativamente a la producción per cápita media ponderada, tal es el caso de Riobamba, donde el estrato B tiene la mayor producción (0.62 kg/hab/día), lo que incrementa el valor medio ponderado.

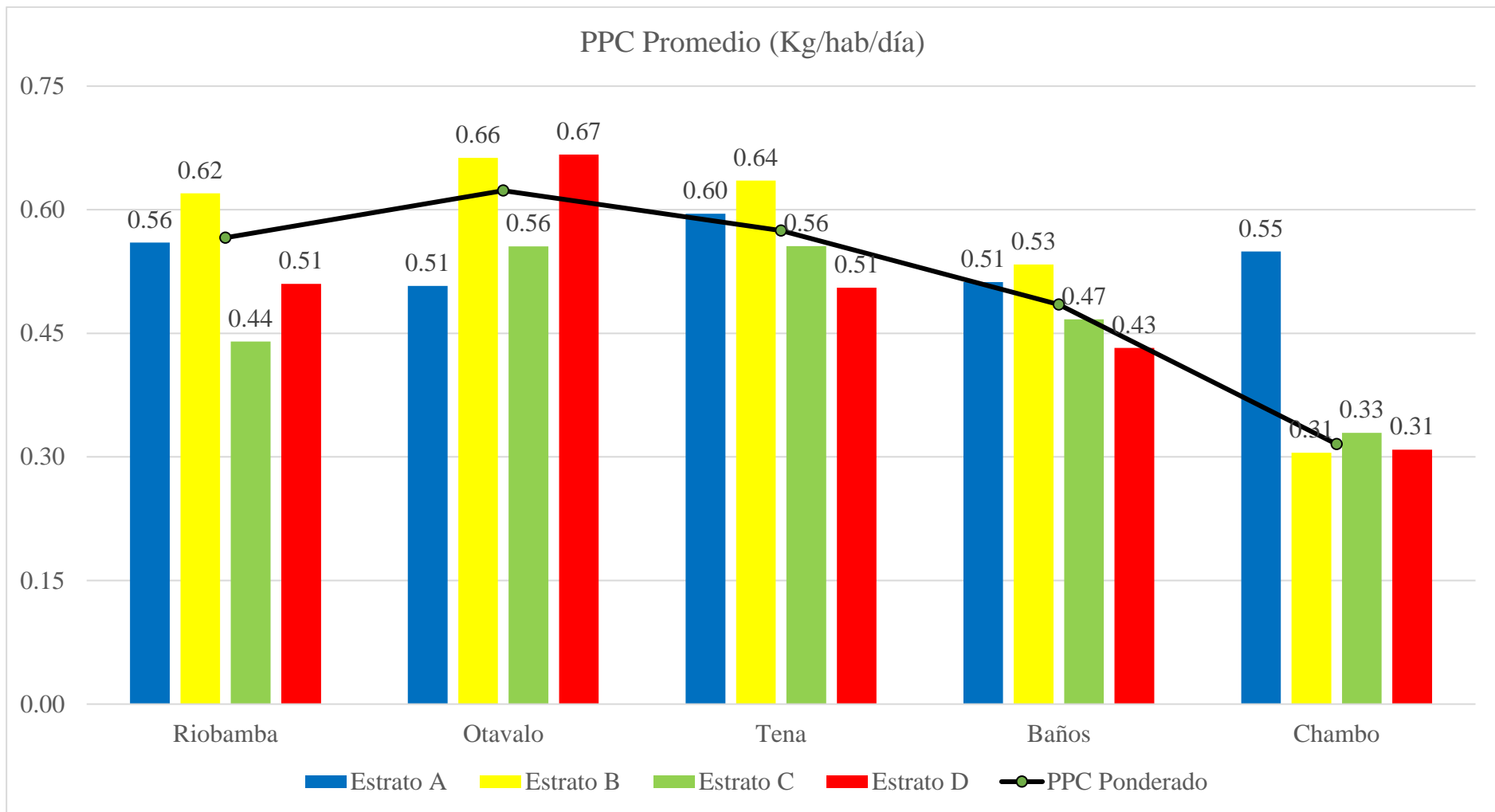


Figura 7. PPC promedio por cada estrato en los 5 cantones de estudio

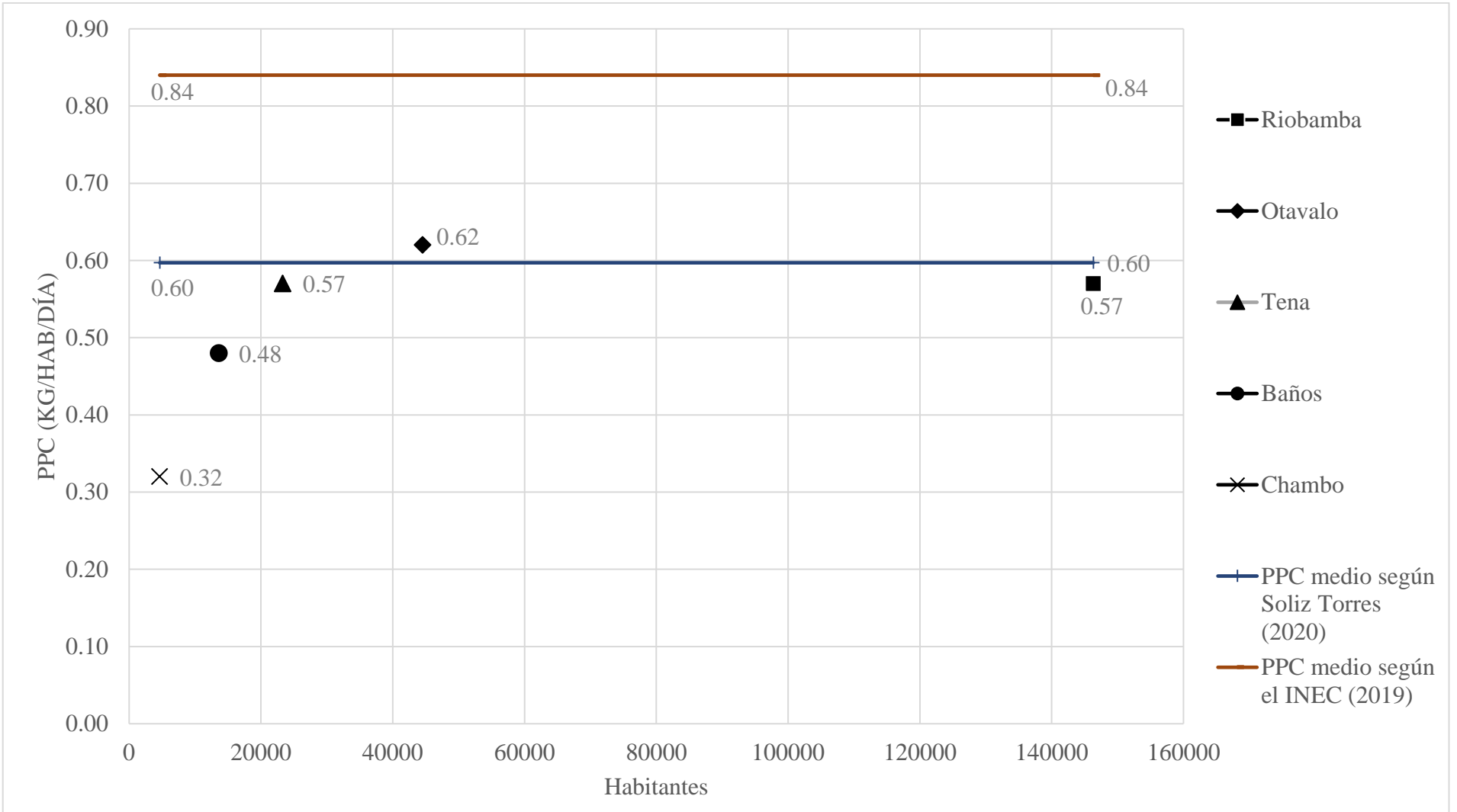


Figura 8. Comparación de las producciones medias ponderadas con valores referenciales a nivel nacional.

En la **Figura 8** se presenta la comparación de los PPC de los cantones de estudio con valores referenciales a nivel nacional. Otavalo, a pesar de tener menos habitantes, tiene una mayor producción que Riobamba, el cual es el cantón con mayor población en este estudio.

Se puede observar que, las medias de PPC son diferentes a los 2 valores referenciales. Según el INEC (2019), la media de producción per cápita en el Ecuador es de 0.84 kg/hab/día, valor que tiene una amplia diferencia con los presentados en este estudio. No obstante, nunca se menciona a las poblaciones que engloba ese valor referencial, ni sus tamaños de muestra o metodologías empleadas. Por otro lado, según Soliz-Torres (2020), el valor referencial a nivel nacional es de 0.60 kg/hab/día, que es más cercano al valor de las tres ciudades más grandes de esta muestra. Esa producción per cápita es mayor que las de Chambo y Baños, que son los cantones más pequeños.

Escenario A (Comparación entre los 4 estratos socioeconómicos)

Análisis de varianzas ANOVA

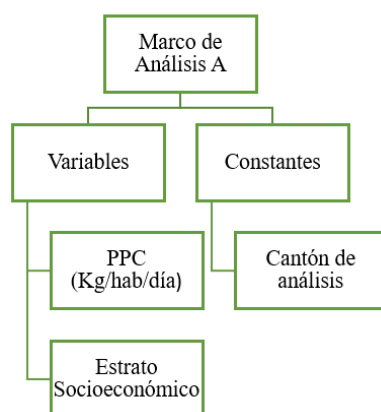


Figura 9. Escenario de análisis “A”.

En este escenario se analiza a los cantones como constantes y a los estratos socioeconómicos y sus PPC como variables.

En la **Tabla 4** se presenta los valores p y valores f obtenidos de ANOVA para cada uno de los cantones de estudio. Si el valor p es menor al nivel de significancia (5%), la hipótesis nula (todas las medias son iguales) se rechaza y se acepta la hipótesis alterna (al menos una media no es igual).

Tabla 4. Análisis de varianzas ANOVA de los PPC entre cada ciudad y sus cuatro estratos.

Cantón	Valor F	Valor P (%)
Riobamba	8.87	0
Otavalo	35.16	0
Tena	52.37	0
Baños	2.40	6.70
Chambo	54.10	0

Se encontró que en los cantones de Riobamba, Otavalo, Tena y Chambo si existen diferencias significativas entre los PPC de sus 4 estratos socioeconómicos, dado que sus

valores p son menores al 5 %. Por otro lado, en Baños se obtuvo que no existe una diferencia significativa de los PPC entre los 4 estratos socioeconómicos. (**Tabla 4**)

Prueba de Tukey

En la **Tabla 5** se presentan los resultados obtenidos en la prueba Tukey, la cual se realizó en cada cantón comparando los 4 estratos socioeconómicos. Con la información presentada se puede complementar los resultados obtenidos en la **Tabla 4**. Dado que existen medias que no comparten el mismo grupo en sus cuatro estratos socioeconómicos, por lo que son significativamente diferentes. En cambio, se ha subrayado de color verde el único cantón que en sus cuatro estratos socioeconómicos tiene el mismo comportamiento estadísticamente, por lo que se le ha agrupado con la misma letra.

Tabla 5. Prueba Tukey entre cada estrato de los cinco cantones de estudio.

Riobamba			Otavalo		
Estrato	Media (kg/hab/día)	Agrupación	Estrato	Media (kg/hab/día)	Agrupación
Estrato B	0.62	A	Estrato D	0.67	A
Estrato A	0.56	A B	Estrato B	0.66	A
Estrato D	0.51	B C	Estrato C	0.56	B
Estrato C	0.44	C	Estrato A	0.51	B

Tena			Baños		
Estrato	Media (kg/hab/día)	Agrupación	Estrato	Media (kg/hab/día)	Agrupación
Estrato B	0.63	A	Estrato B	0.53	A
Estrato A	0.6	B	Estrato A	0.51	A
Estrato C	0.55	C	Estrato C	0.47	A
Estrato D	0.51	D	Estrato D	0.43	A

Chambo		
Estrato	Media (kg/hab/día)	Agrupación
Estrato A	0.55	A
Estrato C	0.33	B
Estrato D	0.31	B
Estrato B	0.31	B

Tabla 6. Comparación de producción entre los 4 estratos socioeconómicos de Riobamba

Estrato	Riobamba	
	Media (kg/hab/día)	Agrupación
Estrato B	0.62	A
Estrato A	0.56	A B
Estrato D	0.51	B C
Estrato C	0.44	C
PPC ponderado	0.57	

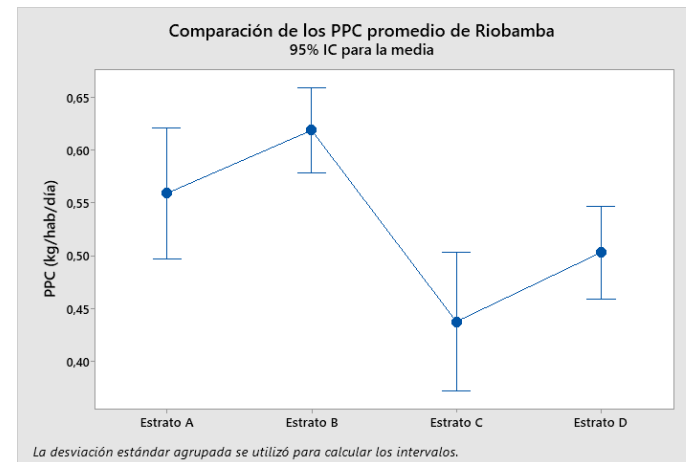


Figura 10. Comparación de los PPC promedio de los 4 estratos de Riobamba.

Tabla 7. Comparación de producción entre los 4 estratos socioeconómicos de Otavalo

Estrato	Otavalo	
	Media (kg/hab/día)	Agrupación
Estrato D	0.67	A
Estrato B	0.66	A
Estrato C	0.56	B
Estrato A	0.51	B
PPC ponderado	0.62	

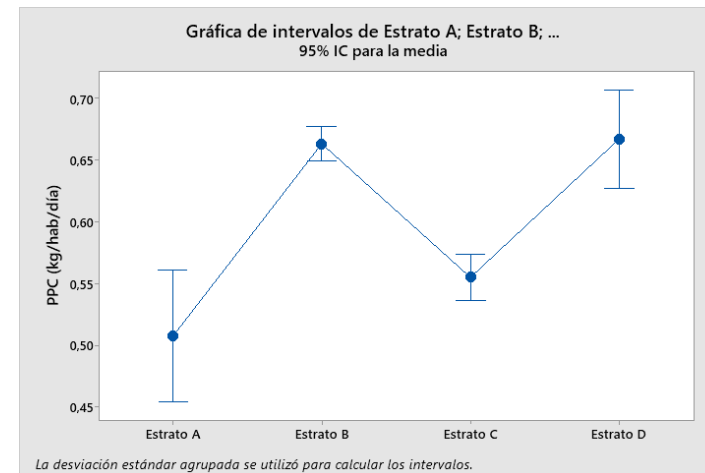


Figura 11. Comparación de los PPC promedio de los 4 estratos de Otavalo.

Tabla 8. Comparación de producción entre los 4 estratos socioeconómicos de Tena.

Tena		
Estrato	Media (kg/hab/día)	Agrupación
Estrato B	0.63	A
Estrato A	0.60	B
Estrato C	0.55	C
Estrato D	0.51	D
PPC ponderado		0.57

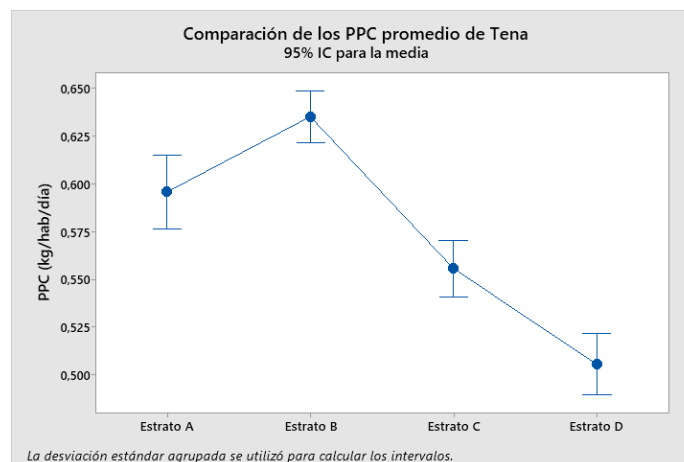


Figura 12. Comparación de los PPC promedio de los 4 estratos de Tena.

Tabla 9. Comparación de producción entre los 4 estratos socioeconómicos de Baños

Baños		
Estrato	Media (kg/hab/día)	Agrupación
Estrato B	0.53	A
Estrato A	0.51	A
Estrato C	0.47	A
Estrato D	0.43	A
PPC Ponderado		0.48

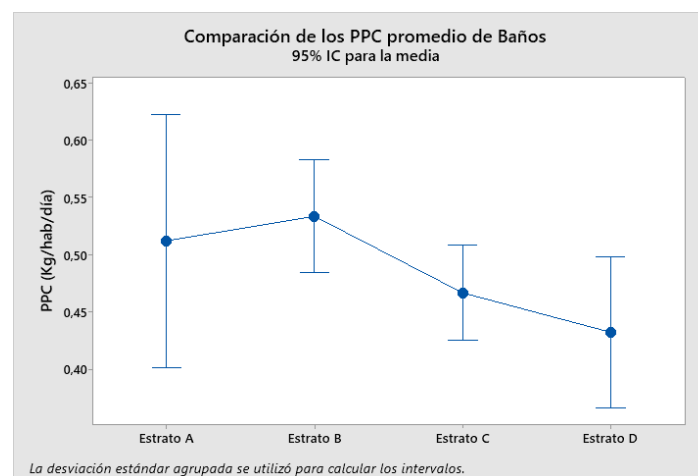


Figura 13. Comparación de los PPC promedio de los 4 estratos de Baños.

Tabla 10. Comparación de producción entre los 4 estratos socioeconómicos de Chambo.

Chambo		
Estrato	Media (kg/hab/día)	Agrupación
Estrato A	0.55	A
Estrato C	0.33	B
Estrato D	0.31	B
Estrato B	0.31	B
PPC Ponderado		0.37

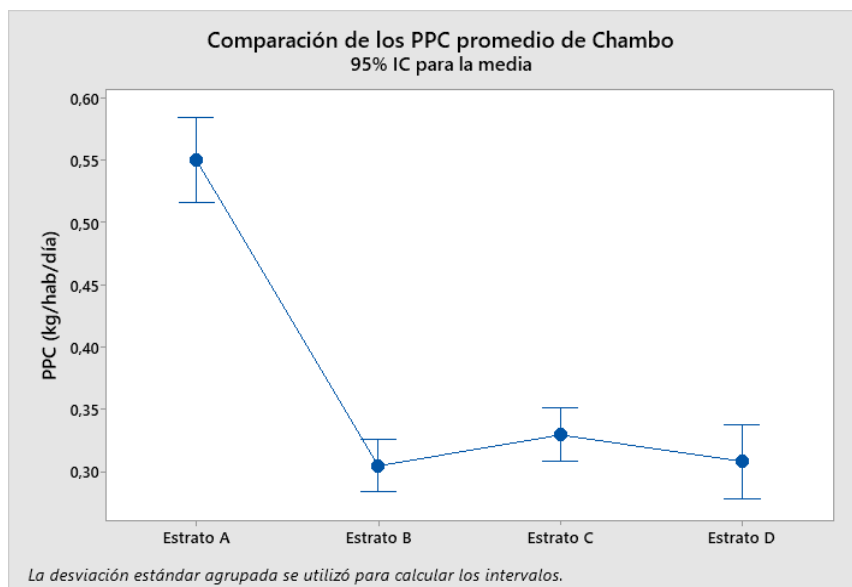


Figura 14. Comparación de los PPC promedio de los 4 estratos de Chambo.

Dentro de la **Tabla 6** se puede observar la comparación de las medias de los PPC de los 4 estratos socioeconómicos del cantón de Riobamba, lo que se complementa con la información mostrada en la **Figura 10**, se aprecia que el comportamiento de los PPC en los 4 estratos no es uniforme. Mediante el análisis de comparaciones múltiples de Tukey se puede identificar que el estrato B es el de mayor producción de residuos y tiene diferencias significativas con los estratos de bajos ingresos, el C y D. Mientras que el estrato A tiene diferencias significativas con el estrato C. En cambio, los estratos que comparten una letra de agrupación y a su vez se superponen entre sí, no presentan diferencias significativas (**Figura 10**).

Contrastando los resultados obtenidos con la bibliografía, se observa que la producción per cápita obtenida en este estudio (0.57 kg/hab/día) es inferior a la proporcionada por el GADM Riobamba (2018), de 0.60 kg/hab/día. La variación en la producción de residuos puede estar relacionada con la falta de información sobre la metodología empleada en el estudio del municipio en cuestión. No se menciona el tamaño de la muestra ni la metodología utilizada, lo que impide determinar si se consideró una estratificación en las producciones para diferenciarlas y ponderarlas según su porcentaje correspondiente. Ya que, tal y como la menciona Pineda et al., en su estudio de 2017, la producción per cápita de RSU varía según el comportamiento de consumo y la cultura de separación de residuos en los diferentes estratos socioeconómicos. Además, se corrobora la información proporcionada por Torres et al. (2017), Ferreira y Mello (2020) y Wang et al. (2021), donde mencionan que los hogares con ingresos económicos más altos son los que tienen mayores producciones de residuos sólidos.

En Otavalo, con los resultados mostrados en la **Tabla 7** se determinó que las medias guardan similitud en 2 grupos, como se puede observar en la **Figura 11**. Se determinó que los estratos A y C comparten el mismo intervalo de confianza, con medias de PPC de 0.51 y 0.56 (kg/hab/día), respectivamente. Mientras que los estratos B y D están agrupados en un grupo diferente, con medias de PPC de 0.66 y 0.67 (kg/hab/día), respectivamente.

Comparando los resultados del cantón Otavalo con la bibliografía, se puede decir que la producción per cápita obtenida en este estudio (0.62 kg/hab/día) es superior a la proporcionada por el GADM Otavalo (2019), de 0.51 kg/hab/día. Los resultados difieren con la información proporcionada por Domínguez-Solís et al. (2014), Ferreira y Mello (2020) y Wang et al. (2021), donde mencionan que los hogares con ingresos económicos más altos son los que tienen mayores producciones de residuos sólidos. En este caso se tiene una variación significativa con los estratos altos, siendo el estrato A, el que menos residuos produce, mientras que el estrato D, es el que tiene la mayor media de PPC. Lo que coincide con los hallazgos encontrados por Céspedes et al., en su estudio realizado en Santiago de Chile en 2020, donde determinó que el estrato más bajo es el que produce más residuos, conformados principalmente por orgánicos y plásticos. Esto puede ocurrir por varias razones: la cultura de reciclaje de cada estrato socioeconómico, el número de habitantes de cada vivienda. En este caso específico puede ser muy influyente que el estrato A, generalmente es el de menos habitantes por vivienda, además de otras costumbres, por ejemplo; las personas del estrato A generalmente no regresan a sus casas a almorzar cuando salen a trabajar, lo que reduce la producción de residuos en la vivienda.

Por otro lado, generalmente el estrato D es el que tiene mayor número de habitantes en sus viviendas, lo que podría ser una razón para esa cantidad de producción de residuos.

En Tena, los resultados obtenidos de la prueba de Tukey de la **Tabla 8**, muestran que ningún estrato comparte similitudes con otro estrato, por lo que las medias han sido agrupadas en 4 grupos diferentes. Todas las medias de PPC tienen diferencias significativas y ninguna guarda similitud en el tamaño de su media (**Figura 12**).

Estos resultados concuerdan con lo mencionado por Hoornweg y Bhada-Tata (2012), donde destacan que existen diferencias significativas en la producción de residuos sólidos entre diferentes estratos socioeconómicos dentro de una misma ciudad. Siendo los hogares y negocios de estratos socioeconómicos más altos, los que más residuos sólidos producen. Las personas con ingresos más altos tienen mayor acceso a bienes y servicios, lo que puede resultar en una mayor generación de residuos. Además, es común que estos hogares tengan una mayor propensión al consumo de productos empaquetados y envasados, lo que aumenta la cantidad de residuos generados.

En la **Tabla 9** se observa que en el cantón de Baños todas las medias fueron agrupadas en un mismo grupo, tal y como se puede observar en la **Figura 13**, todas las medias de producción se sobrepone entre sí. Las medias de los PPC de los 4 estratos socioeconómicos están dentro del mismo intervalo de confianza, con medias similares para los 4 estratos, lo que representa un caso particular. Dado que, como se ha visto en la bibliografía previamente y en el resto de cantones de este estudio, las producciones de los estratos socioeconómicos si son significativamente diferentes entre sí.

Estos hallazgos son similares a los de Tsuji et al. (2014), donde encontró que todos los estratos producían una cantidad similar de residuos sólidos, esto podría atribuirse a otros factores como la densidad de población y la presencia de turismo. Estos resultados indican que la relación entre el nivel socioeconómico y la producción de residuos sólidos no es necesariamente lineal y que otros factores, como la densidad de población, los hábitos de consumo y las prácticas de gestión de residuos, también pueden influir en la cantidad de residuos generados. Además, en Baños, los habitantes promedio por vivienda son bastante similares en los 4 estratos, estos varían entre 3.6 y 4 habitantes. Lo que puede indicar que el nivel socioeconómico de Baños es más equilibrado en comparación al de otros cantones, lo que significa que no hay grandes disparidades en el poder adquisitivo y los hábitos de consumo entre los estratos. Esto puede conducir a una producción per cápita similar de residuos en todos los estratos.

En Chambo, los resultados obtenidos en la prueba de Tukey, reflejan que existen 2 tipos de medias, ya que se han agrupado los 4 estratos en 2 grupos (**Tabla 10**).

En la **Figura 14** se puede observar que las medias de los PPC están en 2 intervalos de confianza, el primero conformado únicamente por el estrato A, con una media de PPC de 0.55 (kg/hab/día). Por otro lado, el estrato B, C y D están dentro de un mismo intervalo, con valores de medias de PPC muy similares, 0.31, 0.33 y 0.31 kg/hab/día, respectivamente.

El caso de Chambo también es particular, ya que concuerda con la información aportada por Cantillo et al., en su estudio de 2011 menciona que los estratos socioeconómicos más altos producen una mayor cantidad de residuos sólidos en

comparación de los hogares con ingresos más bajos. Sin embargo, esto solo ocurre en el estrato A, ya que las producciones de los estratos B, C, D no tienen diferencias significativas lo que coincide con los hallazgos de Tsuji et al. (2014), donde la densidad de población era el factor más importante en la cantidad total de residuos generados.

Otro factor importante, es la principal actividad económica del cantón, en Chambo, es la agricultura. Muchas personas del estrato medio-bajo tienen que salir por la mañana a trabajar a los terrenos agrícolas, lugares que son alejados de la zona urbana, allí llevarán a cabo sus actividades durante toda la jornada, por lo que los residuos que produzcan en el día, no serán registrados. Como por ejemplo, los envases y plásticos de sus alimentos que son desechados en la intemperie en estos lugares. Lo que explicaría por qué los PPC de los estratos medio-bajo son más bajos en comparación a los del estrato A.

Escenario B (Comparación entre los 5 cantones de estudio)

En este escenario se analiza a los estratos como constantes y a los cantones y sus PPC como variables. Se comparó las producciones per cápita de los 5 cantones según el estrato socioeconómico.

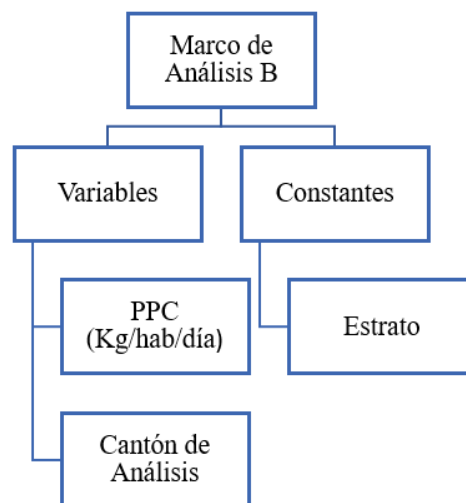


Figura 15. Escenario de análisis “B”

Análisis de varianzas ANOVA

En la **Tabla 11** se presentan los resultados de ANOVA del análisis del escenario “B”. Se determinó que el estrato A es el único estrato que tiene medias estadísticamente iguales en los 5 cantones de estudio.

Tabla 11. Análisis de varianzas de medias entre cada estrato y los 5 cantones de estudio.

Estrato	Valor F	Valor P (%)
Estrato A	0,59	67%
Estrato B	42,68	0
Estrato C	31,77	0
Estrato D	12,35	0

Los estratos B, C y D muestran un valor p de 0 %. Por lo que, al menos una media es diferente en esos estratos, por lo tanto, los PPC de los 5 cantones si tienen diferencias significativas en esos estratos a pesar de estar compuestos de características socioeconómicas similares.

Prueba de Tukey

En la **Tabla 12** se presentan los resultados obtenidos en la prueba Tukey aplicada a cada estrato socioeconómico, comparando los 5 cantones de estudio. Se encuentran subrayados los cantones que comparten por lo menos una letra. Es decir, la agrupación de 2 o más cantones que se comportan de forma similar y no tienen diferencia significativa entre sí. Para el caso del estrato A, se le asignó color amarillo, para el estrato B, azul; para el estrato C, verde y para el estrato D, el color rojo.

Tabla 12. Prueba de Tukey entre cada estrato y los cinco cantones de estudio.

Estrato A			Estrato B		
Cantón	Media	Agrupación	Cantón	Media	Agrupación
Tena	0.60	A	Otavaló	0.66	A
Riobamba	0.56	A	Tena	0.63	A
Chambo	0.55	A	Riobamba	0.62	A
Baños	0.51	A	Baños	0.53	B
Otavaló	0.51	A	Chambo	0.31	C

Estrato C			Estrato D		
Cantón	Media	Agrupación	Cantón	Media	Agrupación
Tena	0.56	A	Otavaló	0.67	A
Otavaló	0.55	A	Tena	0.51	B
Baños	0.47	B	Riobamba	0.50	B
Riobamba	0.45	B	Baños	0.43	B C
Chambo	0.33	C	Chambo	0.31	C

La información presentada en la **Tabla 13** permite complementar la información obtenida en ANOVA, donde se determinó que el estrato A era el único donde las medias de PPC de los 5 cantones son estadísticamente iguales. Se determinó que todas las medias tienen el mismo intervalo de confianza, por lo que todas están agrupadas con la misma letra.

Tabla 13. Prueba de Tukey de los PPC del estrato A.

Cantón	Estrato A	
	Media	Agrupación
Tena	0.60	A
Riobamba	0.56	A
Chambo	0.55	A
Baños	0.51	A
Otavaló	0.51	A

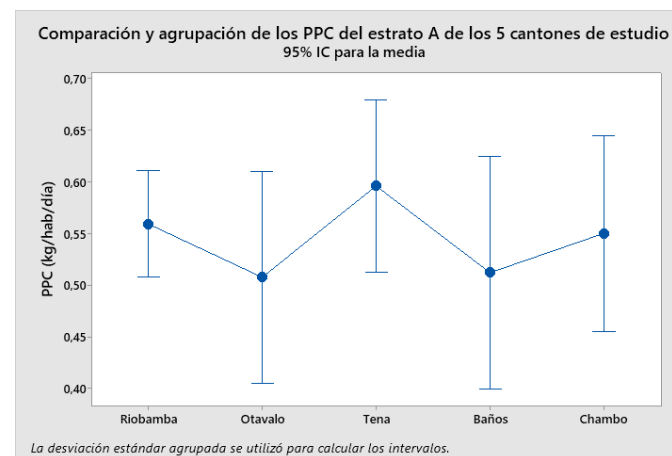


Figura 16. Comparación de los PPC promedio del estrato A en los cinco cantones de estudio.

Tabla 14. Prueba de Tukey de los PPC del estrato B.

Cantón	Estrato B	
	Media	Agrupación
Otavaló	0.66	A
Tena	0.63	A
Riobamba	0.62	A
Baños	0.53	B
Chambo	0.31	C

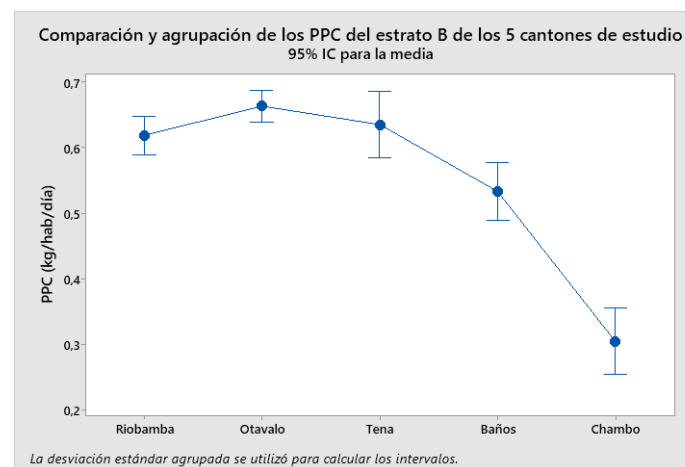


Figura 17. Comparación de los PPC promedio del estrato B en los cinco cantones de estudio.

Tabla 15. Prueba de Tukey de los PPC del estrato C.

Cantón	Estrato C	
	Media	Agrupación
Tena	0.56	A
Otavaló	0.55	A
Baños	0.47	B
Riobamba	0.45	B
Chambo	0.33	C

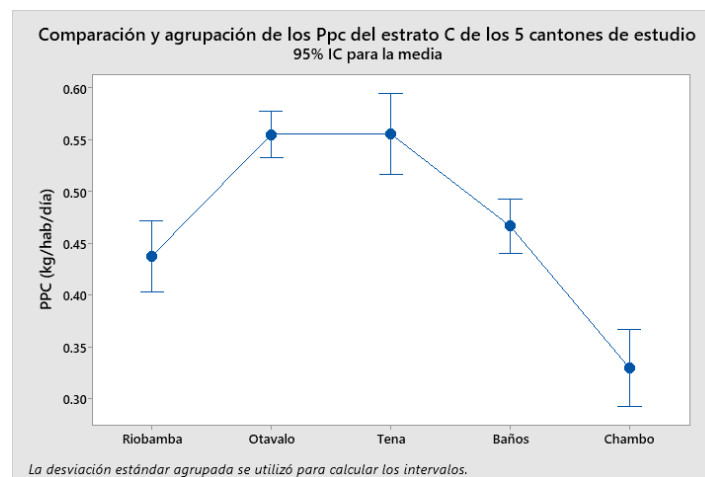


Figura 18. Comparación de los PPC promedio del estrato C en los cinco cantones de estudio.

Tabla 16. Prueba de Tukey de los PPC del estrato D.

Cantón	Estrato D	
	Media	Agrupación
Otavaló	0.67	A
Tena	0.51	B
Riobamba	0.50	B
Baños	0.43	B
Chambo	0.31	C

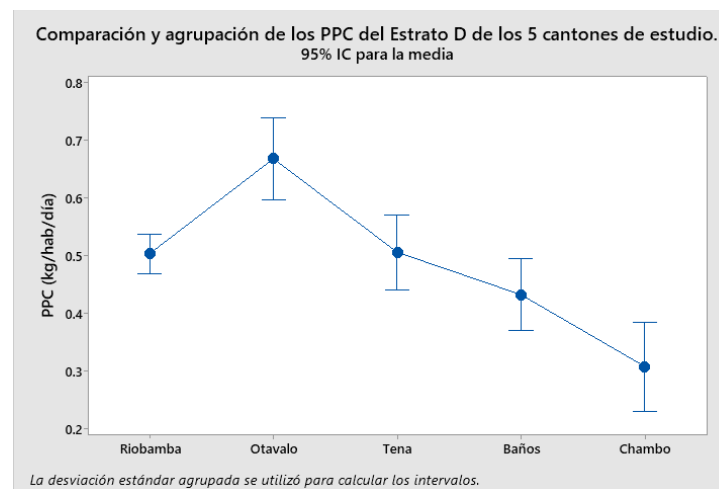


Figura 19. Comparación de los PPC promedio del estrato D en los cinco cantones de estudio.

En la **Figura 16** se muestran las comparaciones de las producciones del estrato A, de los 5 cantones de estudio. Se comparó y agrupó las medias de los PPC y al sobreponerse todas entre sí, se puede decir que sus medias son estadísticamente iguales. Esta tendencia puede darse porque las personas de los estratos socioeconómicos más altos pueden tener una composición demográfica similar en diferentes ciudades, con una proporción similar de hogares con cierto nivel de ingresos, lo que puede influir en una similar producción de residuos.

En cambio, como se puede observar en la **Tabla 14**, el estrato B tiene 3 agrupaciones de medias. El primer grupo está comprendido con los cantones de mayor población y mayor producción de residuos: Otavalo, Tena y Riobamba, sus medias de PPC varían desde 0.62 a 0.66 (kg/hab/día). Por lo que entre estos 3 cantones no existen diferencias significativas en las medias de PPC, mientras que Baños y Chambo no comparten similitudes con ningún otro cantón, estas medias no se sobreponen a ninguna otra, por lo que tienen diferencias significativas con todos los cantones.

La diferencia significativa que se produce en el estrato B puede darse por varias razones, principalmente, por el tamaño de la población. La población de Chambo representa cerca de una cuarta parte de las poblaciones de los cantones más grandes como Otavalo y Riobamba. Además de otros factores como: el estilo de vida y los hábitos de consumo, en este estrato suelen incluirse trabajadores asalariados de nivel medio. Por lo que la densidad poblacional, el nivel de industrialización y economía de cada cantón podría ser un factor relevante en los resultados encontrados.

En el estrato C, según la **Tabla 15** existen diferencias significativas, las cuales se encuentran agrupados en 3 intervalos de confianza, el primero conformado por Tena y Otavalo, los cuales tienen medias de PPC de 0.56 y 0.55 (kg/hab/día), respectivamente. Por otro lado, el segundo grupo que comparte un mismo intervalo de confianza, está compuesto por Baños y Riobamba, con una media de PPC de 0.47 y 0.45 (kg/hab/día), respectivamente. Por último, el cantón de Chambo con una media de PPC de 0.31 (kg/hab/día) no comparte intervalo de confianza con ningún otro cantón, por lo que tiene diferencia significativa con todos los demás cantones para el estrato C (**Figura 18**). Se puede apreciar que la mayor producción de residuos del estrato socioeconómico se registra en Tena, seguida por Otavalo. Dado que, en estos cantones y en estos estratos la densidad poblacional por vivienda es más grande en comparación a la de los demás cantones. Por ejemplo, puede haber una alta proporción de familias con niños pequeños, lo que puede llevar a una mayor producción de residuos asociada con pañales desechables, comida para bebés y juguetes de plástico.

Por otro lado, los resultados obtenidos en la **Tabla 16** del estrato D muestran que existe tres intervalos de confianza, por lo que las medias han sido agrupadas con 3 letras diferentes. El primer grupo solo lo conforma Otavalo, con la media de PPC más alta, que no comparte similitudes con ningún otro cantón. En cambio, el segundo grupo está conformado por Tena, Riobamba y Baños, con valores de PPC similares. Además, con la particularidad de que Baños también pertenece a la última agrupación, la cual está compuesta por Baños y Chambo, con medias de PPC de 0.43 y 0.31(kg/hab/día), respectivamente. Tal y como se puede observar en la **Figura 19**.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS DENSIDADES

De la misma manera que con los PPC, en la **Tabla 17** se presenta los datos procesados de las densidades de residuos sólidos de los 5 cantones, organizadas por estrato socioeconómico y por día de la semana.

Tabla 17. Densidades de residuos sólidos de los 5 cantones de estudio.

		Densidad (kg/m3)						
Cantón	Estrato	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Riobamba	Estrato A	178.76	191.93	169.63	274.78	212.00	192.67	203.15
	Estrato B	240.54	250.07	205.93	249.09	308.43	278.65	229.76
	Estrato C	159.04	147.43	136.59	254.85	239.20	186.39	210.48
	Estrato D	191.30	242.61	259.48	276.26	261.04	219.61	187.57
Otavalo	Estrato A	106.67	139.67	129.67	124.67	137.67	113.00	123.33
	Estrato B	181.67	191.67	178.67	169.67	200.00	153.33	208.67
	Estrato C	168.33	209.00	199.33	185.00	212.33	181.33	174.33
	Estrato D	217.33	249.00	242.33	213.33	240.67	231.67	243.67
Tena	Estrato A	135.65	134.78	143.48	145.65	178.26	152.17	65.22
	Estrato B	191.30	208.70	204.35	210.87	178.26	182.61	195.65
	Estrato C	186.96	178.26	184.78	191.30	204.35	180.43	182.61
	Estrato D	217.83	217.39	230.43	219.57	221.74	207.83	211.74
Baños	Estrato A	146.52	99.13	165.22	160.87	136.96	217.83	147.83
	Estrato B	158.70	181.74	217.39	147.83	230.52	190.44	143.91
	Estrato C	173.48	247.83	173.91	265.22	191.30	212.17	220.87
	Estrato D	133.91	234.78	195.65	204.35	130.44	313.91	285.65
Chambo	Estrato A	144.70	155.67	163.22	156.00	138.70	115.65	137.35
	Estrato B	152.57	171.00	155.00	147.75	127.22	145.83	149.09
	Estrato C	164.39	181.83	176.61	177.67	136.26	170.22	149.35
	Estrato D	207.13	216.25	194.26	196.75	202.52	146.35	201.26

Para una mejor observación de las densidades en cada estrato socioeconómico, se resume con las medias de cada estrato y cada cantón en la **Tabla 18**.

Tabla 18. Densidad promedio de los estratos en los 5 cantones de estudio (kg/m3).

Estrato	Riobamba	Otavalo	Tena	Baños	Chambo
Estrato A	203.28	124.95	136.46	153.48	144.47
Estrato B	251.78	183.38	195.96	181.50	149.78
Estrato C	190.57	189.95	186.96	212.11	165.19
Estrato D	233.98	234.00	218.08	214.10	194.93
Promedio	219.90	183.07	184.36	190.30	163.59
Densidad Ponderada	233.25	187.11	190.72	201.62	155.82

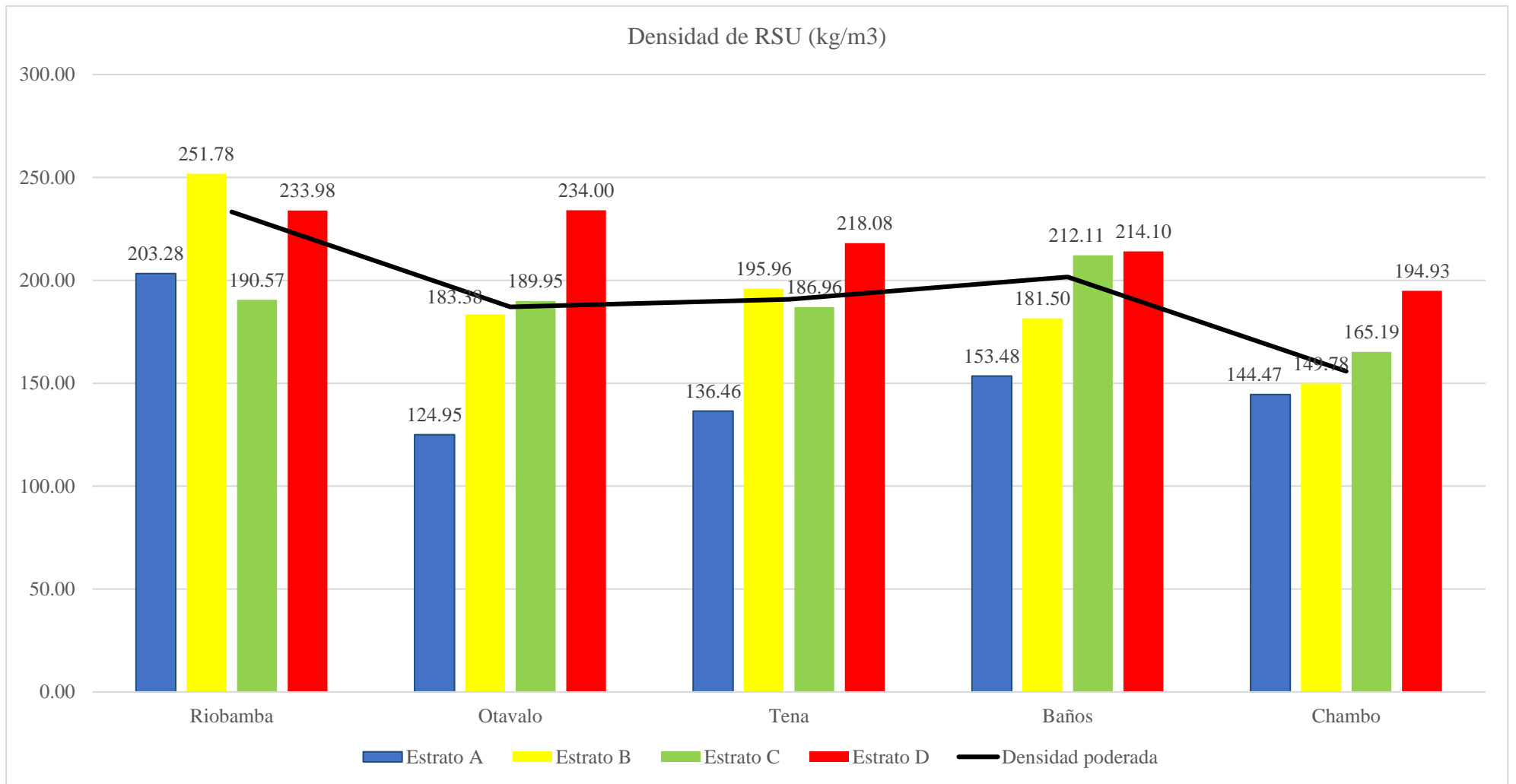


Figura 20. Densidad promedio por cada estrato en los 5 cantones de estudio.

A través de la **Ec. 2** se obtuvo las densidades ponderadas para cada cantón. En la **Figura 20** se puede observar que, en comparación con los PPC los valores más altos no están en los estratos de mayores ingresos. Parco (2023), comparó los componentes potencialmente reciclables entre los 4 estratos socioeconómicos, determinó que existen diferencias significativas en los componentes de cartón, botellas, papel bond, plástico fino, plástico grueso y Tetrapak. Este tipo de componentes tienen mayores porcentajes de producción en los estratos más altos, siendo una de las posibles razones para que las densidades de los estratos socioeconómicos más altos sean inferiores a las de los estratos más bajos. Además, en la mayoría de casos, los hogares de bajos ingresos suelen tener una mayor densidad de población, lo que influye en la densidad de residuos generados.

Escenario A (Comparación entre los 4 estratos socioeconómicos)

Análisis de varianzas (ANOVA)

En la **Tabla 19** se presenta los valores p y valores f obtenidos de ANOVA para las densidades de cada uno de los cantones de estudio. Se hizo el análisis entre todos los estratos de un mismo cantón, tal como se muestra a continuación:

Tabla 19. Análisis de varianzas ANOVA de los PPC entre cada ciudad y sus cuatro estratos.

Cantón	Valor F	Valor P (%)
Riobamba	3.68	1.80
Otavallo	57.27	0
Tena	22.35	0
Baños	2.70	6.80
Chambo	11.85	0

En la **Tabla 19** se observa que en los cantones de Riobamba, Otavallo, Tena y Chambo si existe una diferencia significativa entre las densidades de sus 4 estratos socioeconómicos, dado que sus valores p son menores al 5 %. Por otro lado, en Baños se obtuvo que no existe una diferencia significativa de los PPC entre los 4 estratos socioeconómicos, dado que el valor p obtenido si es mayor al 5%. Teniendo un resultado similar al obtenido en el análisis de los PPC, por lo que comparando las densidades de los 4 estratos socioeconómicos en los 5 cantones se puede decir que tienen una correlación directa con los PPC.

Prueba de Tukey

En la **Tabla 20** se presentan los resultados obtenidos en la prueba Tukey, la cual se realizó en cada cantón comparando los 4 estratos socioeconómicos. Se determinó que los PPC de los cantones de Riobamba, Otavallo, tena y Chambo tienen diferencias significativas.

Al igual que con los análisis de los PPC, se ha subrayado de color verde el único cantón que en sus cuatro estratos socioeconómicos tiene medias estadísticamente iguales, por lo que se le ha agrupado con la misma letra.

Tabla 20. Prueba Tukey entre cada estrato de los cinco cantones de estudio.

Riobamba			Otavalo		
Estrato	Densidad (kg/m3)	Agrupación	Estrato	Densidad (kg/m3)	Agrupación
Estrato B	251.8	A	Estrato D	234	A
Estrato D	233.98	A B	Estrato C	189.95	B
Estrato A	203.3	A B	Estrato B	183.38	B
Estrato C	190.6	B	Estrato A	124.95	C

Tena			Baños		
Estrato	Densidad (kg/m3)	Agrupación	Estrato	Densidad (kg/m3)	Agrupación
Estrato D	218.08	A	Estrato D	214.1	A
Estrato B	195.96	A B	Estrato C	212.1	A
Estrato C	186.96	B	Estrato B	181.5	A
Estrato A	136.5	C	Estrato A	153.5	A

Chambo		
Estrato	Densidad (kg/m3)	Agrupación
Estrato D	194.93	A
Estrato C	165.19	B
Estrato B	149.78	B
Estrato A	144.47	B

Tabla 21. Comparación de densidades entre los 4 estratos socioeconómicos de Riobamba.

Riobamba		
Estrato	Densidad (kg/m ³)	Agrupación
Estrato B	251.8	A
Estrato D	233.98	A B
Estrato A	203.3	A B
Estrato C	190.6	B

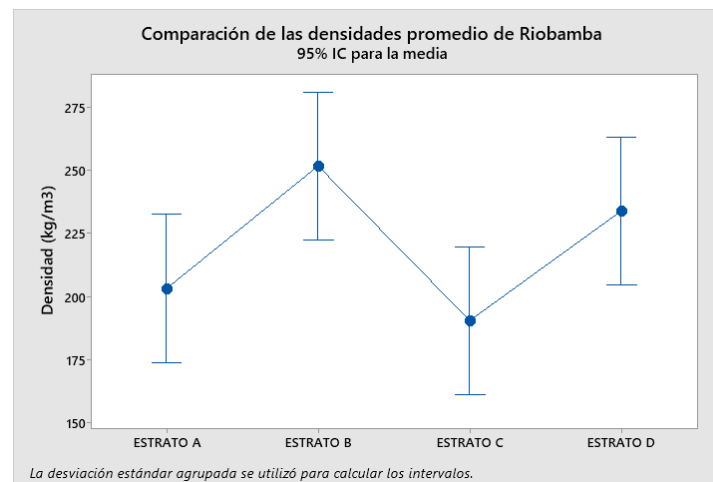


Figura 21. Comparación de las densidades promedio de los 4 estratos de Riobamba.

Tabla 22. Comparación de densidades entre los 4 estratos socioeconómicos de Otavalo.

Otavalo		
Estrato	Densidad (kg/m ³)	Agrupación
Estrato D	234.00	A
Estrato C	189.95	B
Estrato B	183.38	B
Estrato A	124.95	C

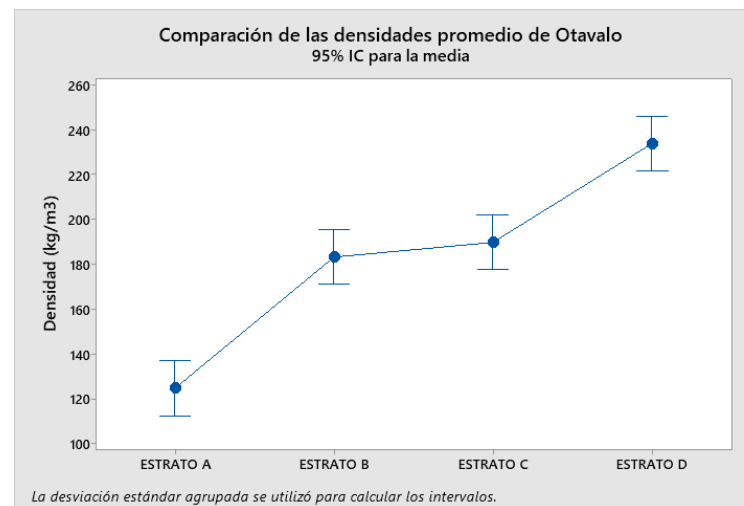


Figura 22. Comparación de las densidades promedio de los 4 estratos de Otavalo.

Tabla 23. Comparación de densidades entre los 4 estratos socioeconómicos de Tena.

Tena		
Estrato	Densidad (kg/m ³)	Agrupación
Estrato D	218.08	A
Estrato B	195.96	A B
Estrato C	186.96	B
Estrato A	136.5	C

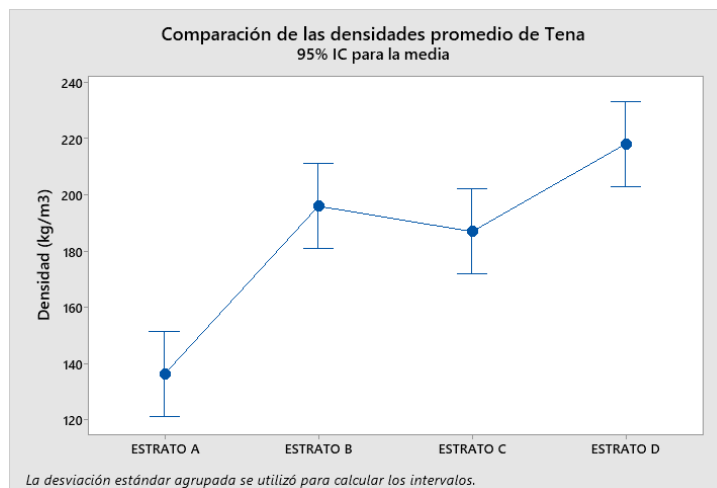


Figura 23. Comparación de las densidades promedio de los 4 estratos de Tena.

Tabla 24. Comparación de densidades entre los 4 estratos socioeconómicos de Chambo.

Baños		
Estrato	Densidad (kg/m ³)	Agrupación
Estrato D	214.1	A
Estrato C	212.1	A
Estrato B	181.5	A
Estrato A	153.5	A

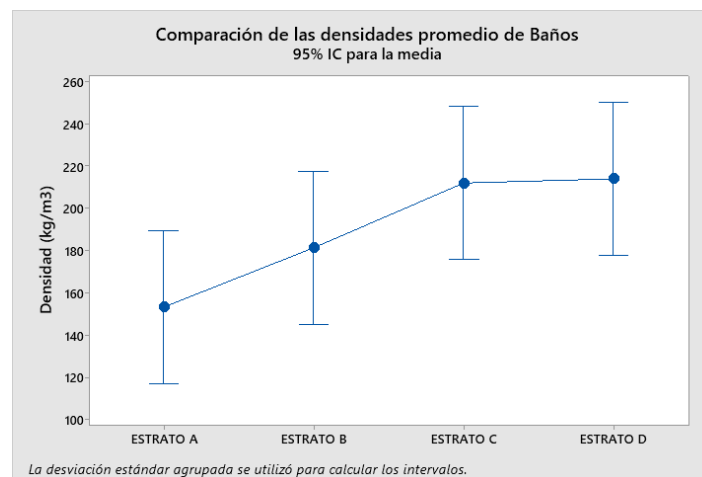


Figura 24. Comparación de las densidades promedio de los 4 estratos de Baños.

Tabla 25. Comparación de densidades entre los 4 estratos socioeconómicos de Chambo.

Chambo		
Estrato	Densidad (kg/m ³)	Agrupación
Estrato D	194.93	A
Estrato C	165.19	B
Estrato B	149.78	B
Estrato A	144.47	B

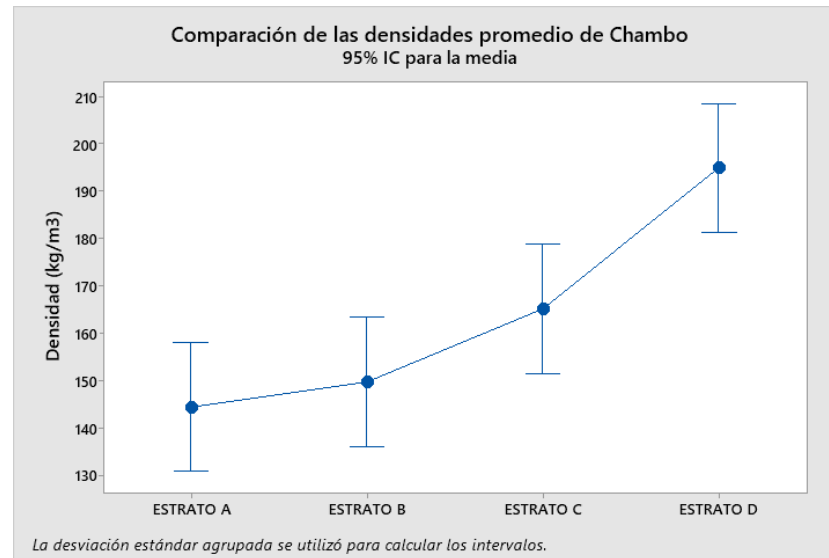


Figura 25. Comparación de las densidades promedio de los 4 estratos de Chambo.

Dentro de la **Tabla 20** se puede observar la comparación de las medias de las densidades de los 4 estratos socioeconómicos del cantón de Riobamba, lo que se complementa con la información mostrada en la **Figura 21**, donde se aprecia que no tiene un patrón uniforme con relación a sus PPC. Mediante el análisis de Tukey se puede identificar que al igual que con los PPC, el estrato B es el que tiene la mayor media, presentando únicamente diferencias significativas con el estrato C.

Estos resultados no siguen un comportamiento similar al obtenido en el análisis de los PPC, dado que, en las densidades, los estratos socioeconómicos en su mayoría si son estadísticamente iguales, los únicos estratos que se diferencian entre sí son el A y el D.

Además, si bien el estrato B resultó ser el de mayor densidad de residuos, el segundo es el estrato D, lo que no coincide con lo obtenido en el análisis de los PPC. Estos resultados concuerdan con los hallazgos de Adedeji et al. (2016), donde mostraron que las densidades de residuos sólidos en áreas urbanas densamente pobladas y con niveles socioeconómicos más bajos eran significativamente mayores que en áreas urbanas menos densas y con niveles socioeconómicos más altos. Esto puede explicarse por varias razones, entre ellas los hábitos de consumo, ya que en los estratos más altos se consumía más productos envasados, en cambio en los estratos más bajos se consumía alimentos menos duraderos, teniendo grandes cantidades de desechos orgánicos, los que producen este incremento en las densidades al ser más pesados.

En Otavalo, se determinó que solo el estrato B y C tienen medias estadísticamente iguales, siendo los demás estratos significativamente diferentes uno del otro (**Tabla 22**).

En la **Tabla 22** y en la **Figura 22** se puede observar que las densidades de los estratos de Otavalo tienen una agrupación diferente a la de los PPC, ya que los estratos más bajos son los que producían mayor cantidad de residuos y son los que mayores densidades de residuos tienen, esto puede ser porque las personas de bajos ingresos pueden tener menos acceso a bienes de consumo y alimentos frescos y, por lo tanto, generar más residuos de alimentos y otros tipos de residuos. Además, en algunos casos, los hogares de bajos ingresos pueden estar más poblados, lo que también puede aumentar la cantidad de residuos generados, además de que tienen una mayor densidad de población.

En Tena, el comportamiento de las densidades es diferente al de los PPC, ya que como se muestra en la **Tabla 23**, el estrato B y el C si tienen medias estadísticamente iguales, a diferencia del análisis de PPC de Tena, en el cual se determinó que todos los estratos eran significativamente diferentes. Se puede observar que los estratos con mayor densidad de residuos corresponden a los de menos ingresos económicos, siendo el de mayor densidad, el estrato D, el cual presenta diferencias significativas con el estrato C y A. En este cantón también se mantiene la tendencia previamente mencionada, donde las densidades son inversamente proporcional a la producción de residuos de cada estrato.

Por otra parte, en el cantón Baños, todas las medias de las densidades fueron agrupadas con la misma letra, es decir, que ningún estrato tiene diferencias significativas entre sí, tendencia que se mantiene con el análisis realizado previamente con los PPC (**Tabla 24**). La mayor media de densidad se encuentra registrada en el estrato D, siendo como en los casos anteriores, inversamente proporcional a las producciones per cápita.

En Chambo, con los datos mostrados en la **Tabla 25** se determinó que el estrato con la mayor densidad de residuos es el estrato D, siendo significativamente diferente de los demás estratos. Por otro lado, los estratos A, B y C tienen medias estadísticamente iguales. Se puede observar que al igual que en los otros cantones, el estrato de menos ingresos es el de mayor densidad de residuos (**Figura 25**).

Escenario B (Comparación entre los 5 cantones)

Análisis de varianzas (ANOVA)

Tabla 26. Análisis de varianzas de las densidades medias entre cada estrato y los 5 cantones de estudio.

Estrato	Valor F	Valor P (%)
Estrato A	7.87	0
Estrato B	16.59	0
Estrato C	2.41	7.10
Estrato D	1.34	27.90

En la **Tabla 26**, se presenta los resultados de ANOVA, tomando en cuenta como variable los estratos y comparando los datos de todos los cantones. Se puede observar que hay dos estratos que no tienen diferencias significativas, los de ingresos económicos más bajos, siendo estos el estrato C y D.

Por otro lado, los estratos A y B muestran un valor p de 0 %. Por lo tanto, al menos una media es diferente en esos estratos, lo que determina que sus medias si tienen diferencias significativas y los PPC de los cantones si tienen diferencias significativas a pesar de pertenecer al mismo estrato.

Prueba de Tukey

En la **Tabla 27** se presentan los resultados obtenidos en la prueba Tukey aplicada a cada estrato en los 5 cantones de estudio, se encuentran subrayados los cantones que comparten por lo menos una letra. Al igual que con los PPC, en el estrato A, se le asignó color amarillo, para el estrato B, azul; para el estrato C, verde y para el estrato D, el color rojo.

Con los resultados mostrados en la **Tabla 27** se puede complementar y reforzar la información obtenida en la **Tabla 26**, donde se determinó que el estrato D es el único estrato donde todas las medias de PPC de los 5 cantones son estadísticamente iguales, en este caso con la prueba Tukey se determinó que todas las medias tienen el mismo intervalo de confianza, por lo que todas están agrupadas con la misma letra en ese estrato. No obstante, la **Tabla 27** da una visión más amplia sobre el estrato C, en el que según el análisis de varianzas ANOVA no existe diferencias significativas en todos los cantones. Sin embargo, en la prueba de Tukey se determinó que entre Baños y Chambo si hay diferencias significativas en sus densidades de residuos, con medias de 212. 10 y 165.19 kg/m³, respectivamente. Es posible que el análisis ANOVA no haya detectado diferencias significativas entre los grupos en su conjunto, pero que la prueba de Tukey haya encontrado algunas diferencias significativas entre pares de grupos específicos. En este

caso, se deberá prestar atención a los resultados de la prueba de Tukey y considerar las posibles implicaciones para la investigación.

Tabla 27. Prueba de Tukey de las densidades entre cada estrato y los cinco cantones de estudio.

Estrato A		
Cantón	Media (kg/m³)	Agrupación
Riobamba	203.3	A
Baños	153.5	B
Chambo	144.47	B
Tena	136.5	B
Otavalo	124.95	B

Estrato B		
Cantón	Media (kg/m³)	Agrupación
Riobamba	251.8	A
Tena	195.96	B
Otavalo	183.38	B C
Baños	181.5	B C
Chambo	149.78	C

Estrato C		
Cantón	Media (kg/m³)	Agrupación
Baños	212.1	A
Riobamba	190.6	A B
Otavalo	189.95	A B
Tena	186.96	A B
Chambo	165.19	B

Estrato D		
Cantón	Media (kg/m³)	Agrupación
Otavalo	234	A
Riobamba	233.98	A
Tena	218.08	A
Baños	214.1	A
Chambo	194.93	A

Tabla 28. Prueba de Tukey de las densidades en el estrato A.

Estrato A		
Cantón	Media (kg/m ³)	Agrupación
Riobamba	203.3	A
Baños	153.5	B
Chambo	144.47	B
Tena	136.5	B
Otavaló	124.95	B

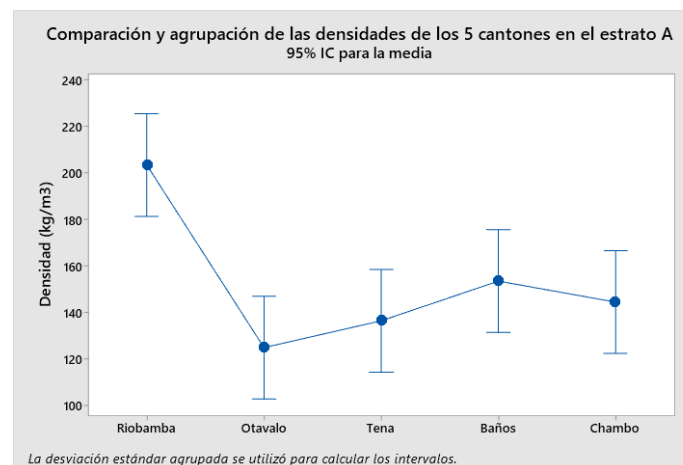


Figura 26. Comparación de las densidades promedio del estrato A en los cinco cantones de estudio.

Tabla 29. Prueba de Tukey de las densidades en el estrato B.

Estrato B		
Cantón	Media (kg/m ³)	Agrupación
Riobamba	251.8	A
Tena	195.96	B
Otavaló	183.38	B C
Baños	181.5	B C
Chambo	149.78	C

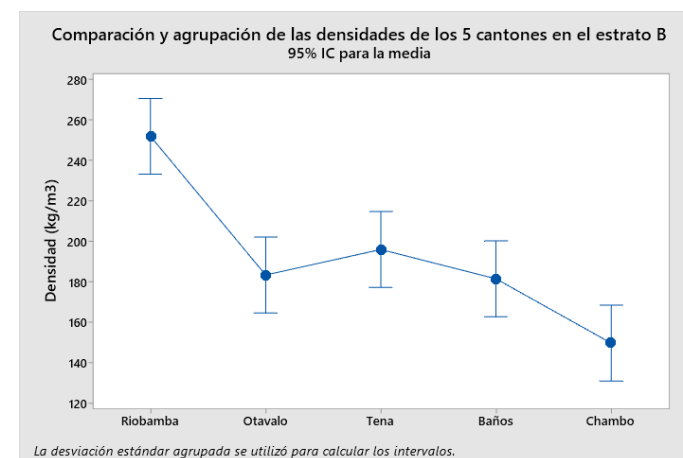


Figura 27. Comparación de las densidades promedio del estrato B en los cinco cantones de estudio.

Tabla 30. Prueba de Tukey de las densidades en el estrato C.

Estrato C		
Cantón	Media (kg/m ³)	Agrupación
Baños	212.1	A
Riobamba	190.6	A B
Otavaló	189.95	A B
Tena	186.96	A B
Chambo	165.19	B

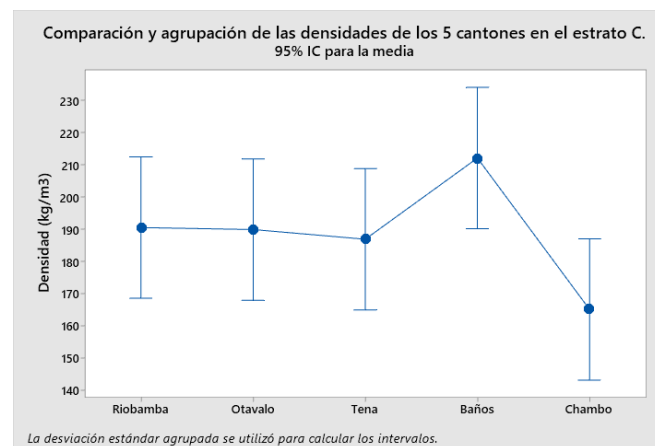


Figura 28. Comparación de las densidades promedio del estrato C en los cinco cantones de estudio.

Tabla 31. Prueba de Tukey de las densidades del estrato D.

Estrato D		
Cantón	Media (kg/m ³)	Agrupación
Otavaló	234	A
Riobamba	233.98	A
Tena	218.08	A
Baños	214.1	A
Chambo	194.93	A

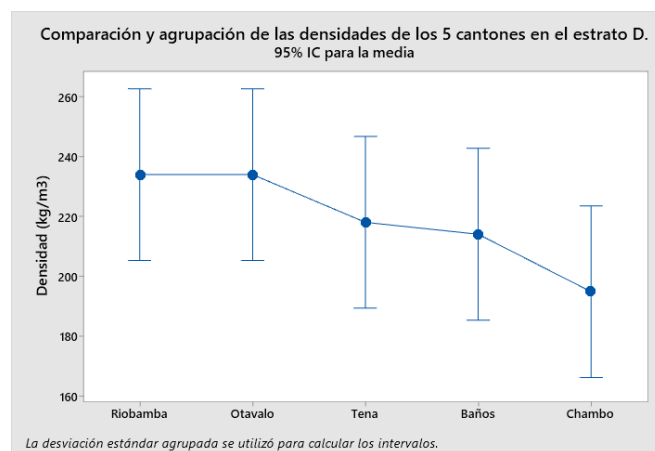


Figura 29. Comparación de las densidades promedio del estrato D en los cinco cantones de estudio.

En la **Tabla 28**, se puede observar que en el estrato A, la mayor media de densidad se produce en Riobamba, con una diferencia marcada con respecto a la de los otros cantones, como se puede apreciar en la **Figura 26**, lo que difiere con lo obtenido en los PPC, dado que en ese caso no existían diferencias significativas y se determinó que en el estrato más alto se mantenían las mismas tendencias de producción de residuos.

Esto podría deberse al nivel de desarrollo de los demás cantones en comparación al de Riobamba, las ciudades más desarrolladas, como Riobamba, pueden tener una economía más activa, lo que puede llevar a una mayor producción de residuos. Por ejemplo, los hogares de mayores ingresos pueden tener una mayor cantidad de electrodomésticos, muebles, electrónicos, objetos de decoración y otros artículos más grandes y pesados, en comparación con hogares de menores ingresos. Además, en estos hogares es común el uso de envases y empaques más pesados y de mayor calidad para proteger alimentos y otros productos de alta calidad. Todo esto puede contribuir a una mayor densidad de residuos en los estratos socioeconómicos más altos.

En el estrato B, de la misma forma que en el estrato A, se obtuvo que la mayor densidad se produce en Riobamba, la cual también tiene diferencias significativas con el resto de cantones. Tal y como se puede apreciar en la Tabla 29, en donde este cantón no tiene una agrupación similar de medias. Por otro lado, Chambo comparte intervalos de confianza con Baños y Otavalo, siendo significativamente diferente con Tena y Riobamba.

Como se puede observar en la **Figura 27**, Riobamba se mantiene con la tendencia de ser la de mayor densidad como en el estrato A. En este caso, los cantones que sí comparten intervalos de confianza son: Otavalo, Tena y Baños. Esto se debe a que las personas de este estrato tienden a tener hábitos de consumo y estilos de vida similares, lo que se traduce en una producción de residuos similar. Por ejemplo, Parco (2023), en su investigación sobre los mismos cantones de análisis, determinó que los cantones Otavalo, Tena y Baños en el estrato B no tenían diferencias significativas en varios componentes, tales como: Botellas, orgánicos, papel, plástico y Tetrapak. Lo que podría ser una de las razones por la que sus medias de densidad son estadísticamente iguales.

En el estrato C, en cambio, se obtuvo que solo existe diferencias significativas entre Baños y Chambo (**Tabla 30**). Tomando en cuenta que, en este estrato, Baños tiene la mayor media de densidad entre los 5 cantones (212.11 kg/m³). Lo que no tiene una correlación con los resultados encontrados en los PPC, dado que, este cantón tenía diferencias significativas con los cantones de poblaciones más grandes, y que a su vez tenían mayores producciones de residuos, como, por ejemplo, Tena y Otavalo.

Esta relación inversamente proporcional entre los PPC y densidades que se produce en Baños, puede darse por varias razones, entre las más principales, está la densidad de población de cada vivienda y los hábitos de consumo. Yuquilema Alvarado (2020), en su investigación menciona que las ciudades más pequeñas tienden a cocinar más veces en comparación a las ciudades medianas y grandes, dado que, al ser ciudades pequeñas, las distancias entre sus viviendas y sus lugares de trabajo son más cortas y pueden regresar a comer en casa, lo que explicaría por qué la densidad de este Cantón es más alta en comparación a la de los demás cantones.

En el estrato D, por otro lado, ningún cantón tiene diferencias significativas entre sí. En la **Tabla 31** se puede observar que todas las medias de densidades han sido agrupadas bajo la misma letra, dado que comparten el mismo intervalo de confianza. Además, tiene una distribución similar a la de los PPC, encabezada por Otavalo con la mayor densidad de residuos, las cuales varían de 194.93 a 234 kg/m³.

En la **Figura 29** se puede observar las comparaciones de las densidades promedio del estrato D, las medias que se superponen entre sí, comparten el mismo intervalo de confianza, en este caso, ningún cantón tiene diferencias significativas con el resto de los cantones. Lo que coincide con los hallazgos encontrados en la investigación de Barlaz et al. (2009), realizada en Estados Unidos, donde destacaron que, aunque la producción per cápita de residuos sólidos variaba significativamente entre las ciudades estudiadas (de 0,5 a 1,7 kg/hab/día), la densidad de los residuos sólidos era similar y oscilaba entre 235 y 280 kg/m³. Esto puede producirse por varias razones, como la composición de los residuos, la compactación de los residuos en el sitio de disposición final, la manipulación de los residuos antes de su disposición final y las características climáticas pueden ser razones por las cuales las densidades de residuos sólidos son similares en diferentes ciudades, a pesar de las diferencias en las producciones per cápita de residuos.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

En este trabajo de investigación se compiló y comparó los datos de las producciones per cápita y densidades de residuos sólidos de 5 cantones con poblaciones urbanas menores a 150000 habitantes (Riobamba, Tena, Otavalo, Baños de Agua Santa y Chambo). Donde se obtuvo 2964 datos iniciales de PPC y densidades pertenecientes a los 4 estratos socioeconómicos. Solo se utilizaron 2807 datos, dado que fue necesario eliminar los valores atípicos de la muestra, de esta manera se reduce el impacto de valores extremos que no son representativos del conjunto de datos en su totalidad.

Mediante el análisis de varianzas (ANOVA), se determinó que existen diferencias significativas en las producciones y en las densidades de residuos sólidos, entre los diferentes estratos socioeconómicos de un mismo cantón. Exceptuando al cantón Baños, donde se determinó que, en los 4 estratos, tanto en las PPC como en las densidades, las medias eran similares. Además, realizando el mismo tipo de análisis, pero comparando los 5 cantones de un mismo estrato, se determinó que, en las medias PPC ningún cantón comparte similitudes en todos sus estratos socioeconómicos, solo se identificó similitudes en el estrato A. En cambio, en las densidades, se registraron similitudes en los estratos C y D entre los 5 cantones.

Las únicas similitudes encontradas en los 4 estratos socioeconómicos, se produjeron en la comparación de las densidades de 3 cantones: Otavalo, Tena y Baños de Agua Santa. Estas similitudes en las densidades pueden ayudar a implementar estrategias de gestión de residuos, adaptadas a las características específicas de cada ciudad. Además, permite la implementación de buenas prácticas y lecciones aprendidas que podrían aplicarse en sus diferentes contextos, como instalaciones de tratamiento y eliminación de residuos de

tamaño similar, así como sistemas de recolección de residuos adaptados a la cantidad y densidad de los mismos. Comprender estas similitudes puede ayudar en la planificación y desarrollo de infraestructuras de gestión de residuos adecuadas.

La prueba Tukey permite complementar la información obtenida en ANOVA, se identificó las diferencias específicas entre las PPC y densidades de los estratos socioeconómicos de un mismo cantón, produciéndose en la mayoría de casos entre el estrato A y los estratos socioeconómicos de clase media-alta y media-baja. Por otra parte, en la comparación realizada entre cantones, se identificó que las diferencias específicas se producen cuando las poblaciones son más pequeñas, tal es el caso de Baños y Chambo. Estos cantones tienen diferencias significativas con las demás ciudades, exceptuando el estrato A. Sin embargo, este comportamiento no se repite en las densidades, donde se identificó que en la mayoría de casos, los estratos si comparten medias similares de densidad, tal es el caso de Otavalo y Tena, donde se identificó que sus densidades son similares en los 4 estratos socioeconómicos. Existen diferencias significativas con el cantón de Riobamba, el cuál al ser el cantón más grande, tiene densidades mayores a la de los demás, produciéndose diferencias significativas en los estratos más altos. Lo mismo ocurre con Chambo, al ser el cantón más pequeño, registra diferencias significativas en los estratos B y C, ya que tiene las densidades más bajas entre los 5 cantones de análisis.

La mayor producción per cápita no siempre se produce en los estratos socioeconómicos medios y altos, tal es el caso de Otavalo, donde la mayor PPC se registró en el estrato D. La producción de residuos sólidos no sigue un patrón uniforme en función del estrato socioeconómico y puede variar significativamente en función de factores como los hábitos de consumo, geografía, densidad de población, y el nivel de industrialización de cada cantón.

La producción per cápita de residuos sólidos urbanos muestra diferencias significativas según cada estrato socioeconómico, y está sujeta a múltiples factores que influyen en su tamaño. Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar esta variabilidad al diseñar y planificar los sistemas de gestión de residuos, con el objetivo de garantizar una gestión efectiva y sostenible de los mismos.

5.2 RECOMENDACIONES

Se sugiere la implementación de una técnica de gestión de residuos diferenciada, especialmente para determinar la producción per cápita, basada en la estratificación socioeconómica de las ciudades, con el fin de lograr una gestión eficiente y oportuna de los residuos sólidos. Esto se debe a que se ha demostrado que, a pesar de tener poblaciones similares y pertenecer a zonas geográficas similares, las producciones per cápita de residuos sólidos no son uniformes.

Si no se cuenta con los medios ni con la información suficiente para la elaboración de planes de manejo ambiental, se recomienda usar el valor medio de producción per cápita de 0.60 kg/hab/día, obtenido por Soliz-Torres (2020), dado que, es el que más se acerca a las tendencias de cantones con poblaciones menores a 150000 habitantes, en comparación al registrado por el INEC (0.84 kg/hab/día). Para las densidades, se recomienda usar un valor medio de 190 kg/m³, ya que, ha quedado demostrado que las densidades si tienen similitudes en cantones que comparten zonas geográficas y poblaciones parecidas.

BIBLIOGRAFÍA

- Adedeji, A. A., & Gbadegesin, A. S. (2016). Spatial analysis of solid waste density in some selected urban areas of Nigeria. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(6).
- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. (2021). *¿Qué es la gestión de residuos sólidos?* <https://www.epa.gov/es/gestion-de-residuos-solidos/que-es-la-gestion-de-residuos-solidos>.
- Arellano, A., & Lindao, V. (2019). Efectos de la gestión y la calidad del agua potable en el consumo del agua embotellada. *Novasineria*, ISSN 2631-2654, 2(1), 15–23. <https://doi.org/10.37135/UNACH.NS.001.03.02>
- Banco Mundial. (2021). *¿Qué son los residuos sólidos y cómo se gestionan?* . <https://www.bancomundial.org/es/topic/solid-waste-management/brief/what-is-solid-waste-and-how-is-it-managed>
- Caicedo Corozo, A. M. (2022). *Análisis de los consumos históricos de agua potable en el cantón Ibarra*. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9256>
- Cárdenas Averos, R. J., & Patiño Robles, C. A. (2022). Caracterización de residuos sólidos urbanos de la Ciudad de Otavalo. *Universidad Nacional de Chimborazo*. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9028>
- Céspedes, N., Elorza, M., de la Fuente, A., & Encinas, C. (2020). Caracterización de residuos sólidos domésticos generados en cuatro comunas de Santiago, Chile. *Revista Ingeniería de Construcción*, 35.
- Domínguez-Solís, J. R., Sánchez-Chóliz, J., & Pardo-Figueroa, M. (2014). Análisis de la generación de residuos en los hogares de Madrid. *Revista Internacional de Sociología*.
- EPA. (2020). *Municipal Solid Waste Generation, Recycling, and Disposal in the United States: Facts and Figures for 2018*.
- Espín Oleas, E. R. (2018). *Proyecto de factibilidad para el tratamiento y aprovechamiento de los residuos sólidos generados en la ciudad de Riobamba* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/8370/1/20T01021.pdf>
- Ferreira, S. A., & Mello, M. A. C. (2020). Production of municipal solid waste per capita in São Paulo city, Brazil. *Waste Management & Research*.
- Gallardo, A., Salinas, E., Alcántara, V., & Díaz, F. (2016). Análisis del tratamiento y gestión de los residuos sólidos urbanos en el municipio de Tlalnepantla. *Revista Mexicana de Ciencias Ambientales, Estado de México*.
- García-González, N. (2015). Analysis of the Density of Solid Waste Generated in Two Communities in Mexico. *Waste Management & Research*.

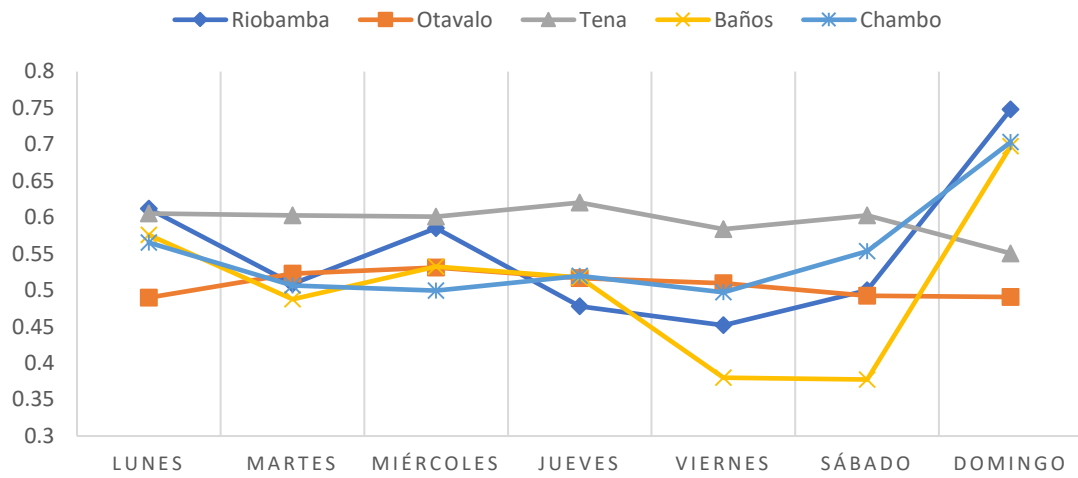
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Baños. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Baños de Agua Santa*.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Chambo. (2018). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Chambo*.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Otavalo. (2020). *Actualización Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Otavalo*.
<https://drive.google.com/file/d/1bBiapXftUeHmKGwLfp2pGvHqZnTh7cKv/view>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Riobamba. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Riobamba*.
<https://www.gadmriobamba.gob.ec/index.php/ordenamiento-territorial/plan-pdyot-2020-2030>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Tena. (2020). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Tena-PUGS- 2020-2023*.
- Gómez, M. L., Rincón, J. M., & Arrieta, V. (2020). Caracterización de los residuos sólidos urbanos generados en una ciudad intermedia colombiana. *Revista de Ingeniería*.
- González Bautista, J. C., & Gavilanes Montoya, A. V. (2014). *Análisis Situacional de los Residuos Urbanos y Propuesta Técnica de Optimización de Transporte y Rutas en la Ciudad de Chambo, Chimborazo*. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/785>
- Hossain, M. S., & Rahman, M. M. (2018). Municipal solid waste management in developing countries: An overview. *Journal of Environmental Science and Engineering*.
- Ibarra, R. A. (2015). *Diseño de una propuesta técnica para las rutas de recolección de los desechos sólidos urbanos, en la ciudad de Tena, provincia Napo*.
<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/820>
- INEC. (2010). Censo de Población y Vivienda 2010. *Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC)*.
- INEC. (2019). Boletín técnico de gestión de residuos sólidos. *Asociación de Municipalidades Ecuatorianas*.
- Izurieta Recalde, C., Arellano Barriga, A., & Muñoz, G. M. (2022). La Demografía y el Consumo de Agua Potable en los Estratos Socio Económicos Urbanos. *Revista Científica FIPCAEC (Fomento De La Investigación Y Publicación Científico-Técnica Multidisciplinaria)*. <https://www.fipcaec.com/index.php/fipcaec/article/view/552>
- Lara, V., & Pérez Caicedo, F. I. (2016). Caracterización de los residuos sólidos de la ciudad de Baños y propuesta técnica de reciclaje de botellas, plásticos, cartón y papel. *Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo*.
<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/1382>
- López-Valdez, T., Ojeda-Benítez, S., & Ponce-Ortega, J. M. (2019). An optimization approach to design municipal solid waste management systems in Mexico. *Waste Management & Research*.

- Nalini, V., & Sekhar, M. (2016). Socio-economic status and municipal solid waste generation: A case study of Hyderabad, India. *International Journal of Environmental Sciences*.
- OCDE. (2021). Estadísticas de residuos de la OCDE (base de datos). *Organización Para La Cooperación y El Desarrollo Económicos*.
- Orcosupa, J., Arellano, J., & Figueroa, E. (2002). Relación entre la producción per cápita de residuos sólidos domésticos y factores socioeconómicos. *Mgpa.Forestaluchile.Cl*, June.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2021). *Municipal waste, Generation and Treatment*.
<https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MUNW>
- Parco, E. (2023). Análisis comparativo de los componentes de residuos sólidos residenciales de cinco ciudades del Ecuador. *Universidad Nacional de Chimborazo*.
- Pineda, C. E., Olaya, C. C., & Agudelo, L. M. (2017). Solid waste generation by socio-economic strata and potential for recycling in Medellín, Colombia. *Journal of Material Cycles and Waste Management*.
- Rea, A. (2017). Gestión de residuos de construcción. In *Universidad de Cuenca*. Universidad de Cuenca.
- Sáez, A., & G., J. A. U. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*, 20(3), 121–135. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73737091009>
- Schuler, N., Casalis, A., Debomy, S., Johnnides, C., Kuper, K., Cointreau, S., Baker, J. L., Reichardt, I., Muzzini, E., Goicoechea, A., Freire, M., Webster, D., Rose, C., McClain, K., Bigio, A. G., Licciardi, G., Hoornweg, D., Lipman, B., Robin Rajack, with, ... Baeumler, A. (2012). *What a Waste : A Global Review of Solid Waste Management*. 7. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388>
- Seo, S., & Yoshida, H. (2013). Comparative analysis of solid waste generation and composition in Asian cities: A case study in Tokyo and Seoul. *Waste Management & Research*.
- Takahashi, S., Kato, Y., & Watanabe, C. (2013). Household waste generation and its characteristics in Japan and Taiwan. *Waste Management & Research*, 31(10).
- Tsuji, L. J. S., Antle, A. N., Francis, R. A., & Abergel, R. J. (2014). Household solid waste generation and factors that influence it in the Lower Mainland of British Columbia, Canada. *Waste Management & Research*, 32(9).
- Wenhua Li, & Juntao Wang. (2021). Household waste management in Shanghai and its implications for the second-tier cities in China. *Journal of Cleaner Production*, 321.
- Yuquilema Alvarado. (2020). *Correlación entre la frecuencia de cocinar y el consumo de agua potable*. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6417>

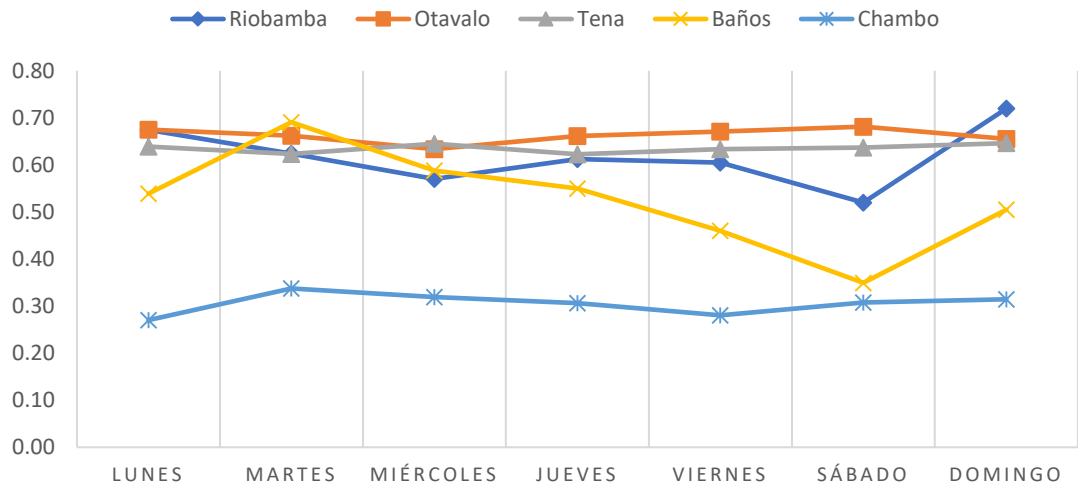
ANEXOS

ESTRATO A					ESTRATO B					ESTRATO C					ESTRATO D				
Riobamba	Otavalo	Tena	Baños	Chambo	Riobamba	Otavalo	Tena	Baños	Chambo	Riobamba	Otavalo	Tena	Baños	Chambo	Riobamba	Otavalo	Tena	Baños	Chambo
1.20833333	0.69	0.53333333	0.62	0.555	0.946	0.47	0.7	0.28	0.28475	0.192	0.385	0.7	0.53	0.232	0.17516667	0.45875	0.5125	0.15	0.260875
0.60266667	0.37	0.68333333	0.81	0.38633333	0.31875	0.57125	0.68	0.4	0.22542857	0.42933333	0.425	0.65	0.25	0.304	0.97	0.6075	0.46363636	0.34	0.4444
0.3825	0.495	0.55	0.57	0.88025	0.39733333	0.6125	0.65	0.24	0.19366667		0.44714286	0.48571429	0.52	0.4384	0.6026	0.65	0.43333333	0.46	0.23266667
0.632	0.4725	0.625	0.41	0.47733333	0.56375	0.178	0.65	0.58	0.3054	0.27725	0.464	0.475	0.14	0.353	0.2025	0.57555556	0.56666667	0.33	0.44733333
0.79233333	0.426	0.575	0.47	0.786	0.478	0.63	0.575	0.09	0.181		0.474	0.525	0.12		1.55625	0.6475	0.48125	0.5	0.182
1.576	0.725	0.6	0.71	0.3085	1.15	0.3	0.6	0.22	0.2185	0.4875	0.44	0.43571429		0.3622	0.89166667	0.558	0.49285714	0.28	0.2814
2	0.498	0.625	0.47	0.362	0.111	1.15	0.62	0.34	0.28766667	0.43333333	0.46	0.56666667	1	0.3082	0.239	0.67	0.46	0.29	0.43616667
0.55	0.30833333	0.65	0.28	0.38633333		0.8875	0.61666667	0.4	0.323	0.1905	0.44	0.55	0.08	0.276		0.63857143	0.5	0.29	0.29983333
1.08333333	0.5225	0.61666667		0.634	1.15	0.7375	0.73333333	0.03	0.34733333	0.17875	0.338	0.575		0.3582	0.3824	0.62166667	0.425	0.39	0.30325
0.67033333	0.396	0.61666667	0.49	0.83866667	0.2235	0.41833333	0.575	0.29	0.2552	0.6598	0.532	0.625	0.48	0.24866667		0.45875	0.62666667		0.26
1.06	0.62	0.5	0.52	0.592	0.20033333	0.824	0.7	0.19	0.4135		0.51333333	0.54285714	0.12	0.2005		0.87	0.48333333	0.34	0.25616667
	0.534	0.675	0.67	0.2275	1.475	0.74	0.675	1.5	0.168	0.318	0.4175	0.5	0.44	0.34366667	0.44683333	0.74333333	0.575	0.46	0.44416667
0.493	0.415	0.5	0.7	0.36633333		0.43857143	0.58333333	0.37	0.47825	0.48625	0.684	0.65	0.34	0.3745	0.3192	0.51222222	0.4875	0.12	0.101
	0.5875	0.625		0.59266667	0.475	0.2	0.625	1.06	0.1575	0.197	0.59	0.65	0.29	0.321	1.664	0.755	0.44090909	0.33	0.2438
0.16066667	0.458	0.6	0.24	0.64275		0.56142857	0.62	1.2	0.28	0.3686	0.47111111	0.55	0.77	0.32633333		0.596	0.43333333	0.39	0.38966667
0.17175	0.775	0.6875	0.87	0.51933333	0.15233333	0.96333333	0.625	0.77	0.2052	0.4658	0.595	0.7	0.28	0.264	0.7175	0.756	0.55	0.32	0.32666667
0.6128	0.512	0.56666667	0.66	0.57325		0.51714286	0.7125	0.95	0.573	0.41875	0.622	0.7	0.34	0.2708		0.56714286	0.46875	0.6	0.332625
	0.38	0.66666667	0.13	0.30275	0.53933333	0.915	0.63	0.22	0.26871429		0.5825	0.5	0.18	0.34625	0.78333333	0.59	0.48571429	0.25	0.3276
0.89833333	0.555	0.475		0.302		0.58166667	0.59	1.32	0.282	0.5546	0.51166667	0.525	0.36	0.428	0.8	0.57125	0.49	0.3	0.23416667
0.5525	0.434	0.75	0.41	0.542	0.92	0.65571429	0.7375	0.63	0.2998	0.20775	0.5325	0.5125	0.62	0.34125	0.05244444	0.9625	0.465	1.23	0.3015
0.317	0.645	0.4875	0.47		0.245	0.37	0.55	0.36	0.379		0.555	0.42857143	0.46	0.511		0.81666667	0.5	0.42	0.255
	0.552	0.575	0.57	0.55666667	0.56066667	0.596	0.5375	0.56	0.3485	0.06666667	0.574	0.5	0.59	0.4122		0.63444444		1.05	0.1874
0.53525	0.42666667	0.6625	0.2	0.59		0.8325	0.61	0.39	0.3975	0.55	0.57666667	0.55	1.03	0.3266	1.025	0.86	0.5	0.35	
1.37033333	0.4925	0.625		0.60775		0.204	0.6	0.47	0.32	0.478	0.59428571		0.23	0.22033333	0.08766667	0.61		0.94	0.3015
0.043	0.468	0.7	0.28	0.462		0.935	0.7	0.33	0.34566667	0.16575	0.632	0.6125	0.68	0.4446	0.029	0.686	0.525	0.08	0.326375
1.20833333	0.62	0.7	0.51	0.57466667	0.43675		0.55	0.32	0.3754	0.7155	0.51	0.52857143	0.45	0.28366667		0.67857143	0.43181818	0.26	0.274
1.368	0.488	0.5	0.36	0.59225	0.946	1.1025	0.575	0.44	0.58025	0.45325	0.535	0.51666667	0.6	0.21125		0.67666667	0.45555556	0.4	0.27933333
	0.37166667	0.575	0.19	0.55666667	1.64666667	0.9725	0.675	0.26	0.189	0.20383333	0.51625	0.625	0.33	0.33933333	0.57166667	0.63125	0.51666667	0.3	0.293
0.37566667	0.61	0.5		0.50475		0.485	0.59166667	0.49	0.4235	0.28375	0.508	0.675	0.6	0.3745	1.625	0.8325	0.45625	0.74	0.2415
0.64666667	0.458	0.575	0.45	0.293		0.7675	0.6625	0.33	0.1575	0.13825	0.57666667	0.5	0.38	0.3425	1.12	0.76333333	0.49285714	0.19	0.2302
0.058	0.58	0.725	0.72	0.54133333	0.4196	1.044	0.7	0.69	0.26033333	0.9406	0.635	0.65	0.56	0.36033333	1.675	0.65222222	0.47	0.2	0.41516667
1.795	0.472	0.6875	0.77	0.657		0.73333333	0.55	0.45	0.1996	1.201	0.44	0.65	0.17	0.3985		0.805	0.55	1.1	0.31733333
	0.405	0.65	1.05	0.71475	1.80666667	1.06285714	0.725	0.47	0.57175	1.05	0.6325	0.45714286	0.53	0.2482	0.3636	0.67	0.5	0.33	0.3375
0.334	0.595	0.33333333		0.53166667	1.62	0.88666667	0.58	0.43	0.25385714	0.95675	0.534	0.425	0.5	0.31275	0.219	0.708	0.66666667	0.97	0.2896
0.3225	0.41	0.525	0.25	0.59375	1.3805	0.36	0.58	1.6	0.22066667	1.7875	0.45714286	0.475	0.15	0.4386	0.34366667	0.63	0.51666667	0.54	0.2405

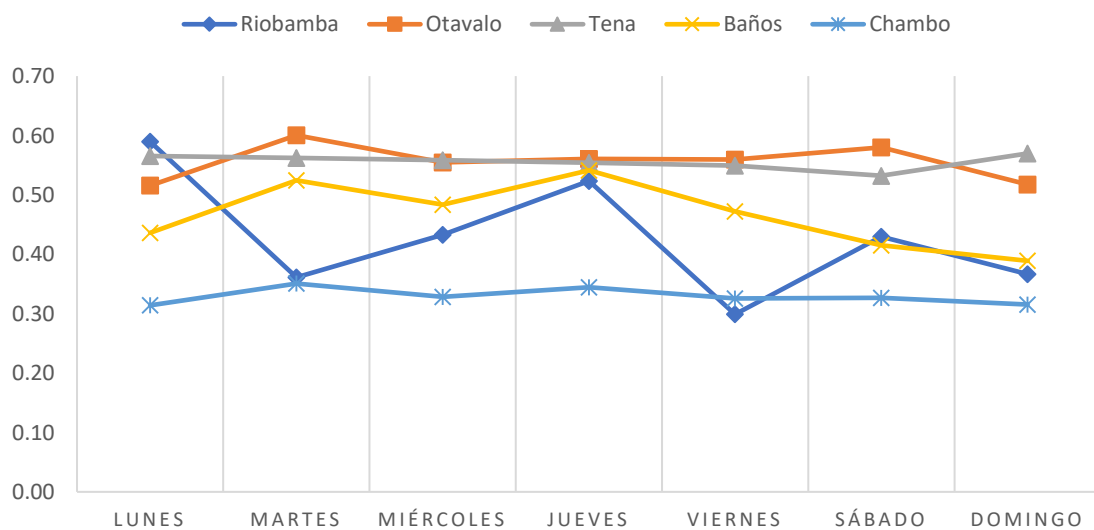
PPC PROMEDIO ESTRATO A (KG/HAB/DÍA)



PPC PROMEDIO ESTRATO B (KG/HAB/DÍA)



PPC PROMEDIO ESTRATO C (KG/HAB/DÍA)



PPC PROMEDIO ESTRATO D (KG/HAB/DÍA)

