



DOI: <https://doi.org/10.23857/fipcaec.v7i1.529>

Costos Operativos de los sistemas de recolección de residuos sólidos en los cantones de Ecuador

Operating costs of solid waste collection systems in the cantons of Ecuador

Custos operacionais dos sistemas de coleta de resíduos sólidos nos cantões do Equador

Jenny Aguirre-López ^I

jennyaguirrelop@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-0950-9423>

Juan Carlos Ortega-Castro ^{II}

jcortegac@ucacue.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-6496-4325>

Correspondencia: jennyaguirrelop@hotmail.com

* **Recepción:** 30/11/2021 * **Aceptación:** 18/12/ 2021 * **Publicación:** 20/01/2022

1. Estudiante de la Maestría en Administración de Empresas con Mención en Dirección y Gestión de Proyectos. Unidad Académica de Posgrado, Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
2. Coordinador Académico de la Maestría en Ciberseguridad, Coordinador Académico de la Maestría en Tecnologías de la Información, Docente Investigador de Posgrado, Docente de la Maestría en Administración de Empresas con Mención en Dirección y Gestión de Proyectos, Unidad Académica de Posgrado, Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador.



Resumen

Este artículo tiene como objetivo evaluar los costos operativos de los sistemas de recolección de residuos sólidos de 13 ciudades de Ecuador. El tipo de investigación aplicada fue bibliográfica documental, de carácter descriptivo. La información utilizada provino de fuentes oficiales, tales como: base de datos de las Estadísticas de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales(GADs), correspondiente al año 2019 generada por el INEC y los reportes presupuestarios de los GADs municipales. Con la información disponible se estimó el indicador que hace referencia a la proporción de residuos sólidos recolectados, definido en los Objetivos de Desarrollo Sostenible(ODS) y el costo operativo de recolección en las ciudades analizadas. Los hallazgos del artículo demuestran que las ciudades analizadas representan el 61,33% de la población proyectada para el área urbana en Ecuador, y que los presupuestos asignados para los sistemas de recolección de residuos sólidos fueron deficitarios, con lo cual se concluyó que la tasa de recolección de residuos sólidos, no permite la recaudación en función de la generación de residuos que generan los hogares, es decir no es progresiva, aspecto que permite prever que la sostenibilidad a largo plazo se encuentra en una zona de riesgo.

Palabras clave: Residuos sólidos generados; residuos sólidos recolectados; costos operativos; objetivos de desarrollo sostenible; indicadores.

Abstract

The objective of this research work is to evaluate the operating costs of the solid waste collection systems of 13 cities in Ecuador. The type of applied research was descriptive documentary bibliography. The information used came from official sources such as: database of the Statistics of Economic Environmental Information in Autonomous Municipal Decentralized Governments (GADs) corresponding to the year 2019 generated by the INEC and the budget reports of the municipal GADs. With the available information, the indicator that refers to the proportion of solid waste collected defined in the Sustainable Development Goals (SDG) and the operational cost of collection in the analyzed cities was estimated. The findings of the article show that the analyzed cities represent 61.33% of the projected population for the urban area in Ecuador, and that the budgets allocated for the solid waste collection systems were deficient, with which it was

concluded that the rate of solid waste collection, does not allow collection based on the generation of waste generated by households, that is, it is not progressive, an aspect that allows us to foresee that long-term sustainability is in a risk zone.

Keywords: Solid waste generated; solid waste collected; operating costs; sustainable development goals; indicators.

Resumo

Este artigo tem como objetivo avaliar os custos operacionais dos sistemas de coleta de resíduos sólidos em 13 cidades do Equador. O tipo de pesquisa aplicada foi documental bibliográfica, descritiva. As informações utilizadas foram provenientes de fontes oficiais, tais como: banco de dados das Estatísticas de Informações Econômicas Ambientais em Governos Autônomos Descentralizados Municipais (GADs), correspondente ao ano de 2019 gerado pelo INEC e os relatórios orçamentários dos GADs municipais. Com as informações disponíveis, estimou-se o indicador que se refere à proporção de resíduos sólidos coletados, definidos nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e o custo operacional da coleta nos municípios analisados. Os achados do artigo mostram que as cidades analisadas representam 61,33% da população projetada para a área urbana no Equador, e que os orçamentos alocados para os sistemas de coleta de resíduos sólidos eram deficientes, com o que se concluiu que a taxa de coleta de resíduos sólidos, não permite a recolha com base na geração de resíduos gerados pelos agregados familiares, ou seja, não é progressiva, aspecto que nos permite antever que a sustentabilidade a longo prazo está numa zona de risco.

Palavras-chave: Resíduos sólidos gerados; resíduos sólidos recolhidos; custos operacionais; metas de desenvolvimento sustentável; indicadores.

Introducción

El lento crecimiento económico mundial, las desigualdades sociales y la degradación ambiental, que son característicos de nuestra realidad actual, presentan desafíos sin precedentes para la comunidad internacional. En efecto, estamos frente a un cambio de época: la opción de continuar con los mismos patrones de producción, energía y consumo ya no es viable, lo que hace necesario

transformar el paradigma de desarrollo dominante en uno que nos lleve por la vía del desarrollo sostenible, inclusivo y con visión de largo plazo. (Naciones Unidas, 2018, pág. 7)

En septiembre de 2015, los 193 Estados Miembros de las Naciones Unidas proclamaron la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, con 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible(ODS) y 169 metas que agrupan las dimensiones económica, social y ambiental. (Naciones Unidas, 2018)

El ODS 11 plantea “Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles” (Naciones Unidas, 2018, pág. 51). La meta 11.6 propone “De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo” (Naciones Unidas, 2018, pág. 53). Y el indicador 11.6.1. pretende medir la “Proporción de desechos sólidos urbanos recogidos periódicamente y con una descarga final adecuada respecto del total de desechos sólidos urbanos generados, desglosada por ciudad” (Naciones Unidas, 2018, pág. 53).

Considerando el planteamiento de la Agenda 2030, las naciones y en específico las ciudades, han impulsado e implementado procesos para reducir el impacto de las actividades humanas en el medio ambiente, en especial enfocándose en aspectos como: asegurar la calidad del aire, agua y la gestión de desechos sólidos. Según Sánchez-Muñoz, Cruz-Cerón, y Maldonado-Espinel (2019), la concentración de la población en las ciudades exige una gestión adecuada de los desechos sólidos para reducir el impacto ambiental, en ese sentido, América Latina ha instaurado leyes y reglamentos que prohíben los botaderos a cielo abierto, y, además, para reducir los residuos, ha incorporado al reciclaje como parte del proceso de gestión de los mismos.

La gestión de los desechos sólidos presenta desafíos en diferentes ámbitos, al respecto Abarca-Guerrero, Maas, y Hogland (2015) concluyen que usualmente los costos operativos vinculados a los servicios de desechos sólidos no se recuperan, y por lo tanto, el apoyo del gobierno central y la administración de los recursos financieros disponibles, por parte de las municipalidades, es fundamental para establecer un sistema moderno y sostenible. Sin embargo, también es relevante señalar que la sostenibilidad financiera del sistema de gestión de desechos de una urbe puede aprovechar los residuos sólidos, para generar ingresos mediante la comercialización de los materiales reutilizables y aquellos que podrían convertirse en un insumo para un proceso productivo, lo cual trae consigo posibilidades de empleo para personas en pobreza extrema y

reducción de costos de implementación de los servicios de manejo de residuos sólidos (Hernández Núñez, 2018).

Con el fin de acercar los hallazgos expuestos anteriormente a la situación de Ecuador, el presente artículo se centra en el análisis del sistema de recolección, transporte y descarga de residuos sólidos de los cantones del territorio mencionado, con alcance en el área urbana y rural. En donde se analizan los costos operativos, con el propósito de establecer la sostenibilidad de los sistemas de gestión de residuos a nivel nacional.

Marco teórico

Desechos sólidos generados en las capitales de América Latina

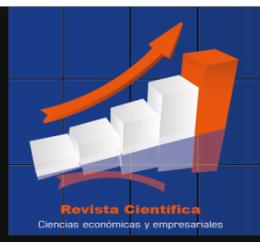
Antes de establecer la situación de las capitales de América Latina, respecto a la generación de desechos sólidos, es importante indicar que UN-Habitat (2020) los define de la siguiente forma:

Los Residuos Sólidos Municipales incluyen residuos generados por: hogares, comercio, pequeñas empresas, edificios de oficinas e instituciones (escuelas, hospitales, edificios gubernamentales). También incluye residuos voluminosos (Electrodomésticos, muebles viejos, colchones) y residuos de servicios municipales seleccionados, por ejemplo residuos del mantenimiento de parques y jardines, residuos de los servicios de limpieza viales (basura de las calles, el contenido de los contenedores de basura, residuos de la limpieza del mercado), si se gestionan como residuos. La definición excluye los residuos de la red y el tratamiento de aguas residuales municipales, la construcción municipal y los residuos de demolición. (pág. 3)

Para la estimación del indicador 11.6.1. “Proporción de desechos sólidos urbanos recogidos periódicamente y con una descarga final adecuada respecto del total de desechos sólidos urbanos generados, desglosada por ciudad” correspondiente al ODS 11, se utiliza la siguiente consideración:

El numerador de este indicador es "total de residuos sólidos municipales recolectados y gestionados en instalaciones controladas (toneladas / día) y el denominador es "total de residuos sólidos municipales generados por la ciudad (toneladas / día). (UN-Habitat, UNSD, 2020, pág. 10).

La ecuación 1 permite estimar la proporción de desechos sólidos urbanos recogidos periódicamente respecto al total generado en el área urbana.



$$SDG\ 11.6.1. = \frac{\text{Total de Residuos Sólidos Municipales recolectados y gestionados en instalaciones controladas (toneladas/día)}}{\text{Total Residuos Sólidos Municipales Generados (toneladas/día)}} \quad (1)$$

Las instalaciones controladas hacen referencia a espacios diseñados para la recepción, almacenamiento, clasificación, reciclaje e incineración de los desechos sólidos generados, siendo este tipo de modelos de gestión el que presenta el mayor nivel de control, existen otras alternativas que se van clasificando hasta llegar al nivel en el que no existe control en la gestión de los residuos sólidos.

En la tabla 1, con la información disponible en la base de datos de las Naciones Unidas respecto a la línea base que permitió la definición de la meta 11.6 para los ODS, se observa que la ciudad de Santo Domingo en República Dominicana, reportó 89% de participación de los desechos sólidos municipales adecuadamente tratados, seguida de Santiago de Chile con 83,20%, Buenos Aires con el 82,25%, ciudad de México con el 81,40%, es interesante que en Ecuador la ciudad de Quito reportó 76,12% y Santo Domingo de los Colorados 62%. La evidencia estadística señala que las ciudades de Ecuador, que reportaron acerca del indicador de seguimiento, se encuentran por debajo del promedio de América Latina y por lo tanto es necesario efectuar correctivos para cambiar esa situación.

Tabla 1 Proporción de desechos sólidos urbanos recogidos periódicamente y con una descarga final adecuada en América Latina por ciudades, en porcentajes

País	Año disponible	Ciudad	SDG 11.6.1. %
República Dominicana	2007	Santo Domingo	89,00%
Chile	2001	Santiago	83,20%
Argentina	2015	Buenos Aires	82,25%
México	2015	México	81,40%
El Salvador	2001	San Salvador	81,00%
Colombia	2015	Medellín	80,60%
América Latina y Caribe	2017	América Latina y Caribe	80,40%
Cuba	2012	Habana	76,42%
Ecuador	2012	Quito	76,12%
Honduras	2012	Tegucigalpa	74,64%
Brasil	2015	Sao Paulo	73,84%
Costa Rica	2002	San José	73,00%
Panamá	2015	Panamá	70,40%

Bolivia	2008	La Paz	68,30%
Nicaragua	2012	Managua	68,00%
Ecuador	2006	Santo Domingo de los Colorados	62,00%
Perú	2001	Lima_San Juan de Lurigancho	47,00%
Haití	2001	Puerto Príncipe	22,00%

Fuente: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Statistics, SDB Indicators Database, 2021.

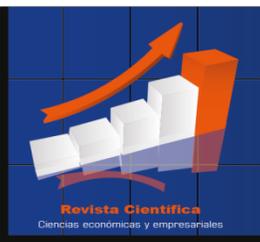
Gestión de residuos en el Ecuador

En Ecuador, la gestión de los desechos sólidos es una competencia que se encuentra a cargo de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (GADM) según se detalla en el artículo 264 numeral 4 de la Constitución de la República del Ecuador (Asamblea Constituyente, 2008) y en el artículo 55 literal d del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) (Asamblea Nacional, 2010). En esa misma línea, el Código Orgánico Ambiental (Asamblea Nacional, 2017), en el artículo 27 numeral 6 y 7, se establecen las competencias de elaborar planes, normas y procedimientos para la gestión integral de los desechos sólidos a los GADM. En la investigación de Ruiz y Vaca (2021) se señala que “una definición clara de las competencias, el fortalecimiento y los recursos para la implementación de un manejo integral de residuos son claves” (pág. 244), por lo tanto, es primordial evitar la superposición normativa y asegurar una gestión financiera adecuada para el sostenimiento de los sistemas de manejo de desechos sólidos en las ciudades de Ecuador.

En Ecuador, a nivel urbano, se generó un promedio de 0,84 kg/día de desechos por habitante en el 2019 (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2019). La provincia que tiene la producción per cápita de desechos sólidos más elevada es Guayas, con 1,03 kg/día, le sigue Los Ríos, con 0,90 kg/día, Pichincha, con 0,88 kg/día, El Oro y Santo Domingo, respectivamente, generaron 0,81 kg/día en desechos sólidos, datos que se presentan en la tabla 2.

Tabla 2 Ecuador: Producción Per Cápita de Desechos Sólidos (Urbano) por provincias, año 2019

Regiones y Provincias	Producción Per Cápita en la Zona Urbana (kg/hab/día)	
		Municipios
Nacional	0,84	221
Regiones Naturales		
Región Sierra	0,75	93
Región Costa	0,91	84



Región Amazónica	0,60	41
Región Insular	0,74	3
Provincias		
Azuay	0,51	15
Bolívar	0,67	7
Cañar	0,61	7
Carchi	0,71	6
Cotopaxi	0,57	7
Chimborazo	0,60	10
El Oro	0,80	14
Esmeraldas	0,66	7
Guayas	1,03	25
Imbabura	0,69	6
Loja	0,68	16
Los Ríos	0,90	13
Manabí	0,68	22
Morona Santiago	0,53	12
Napo	0,51	5
Pastaza	0,44	4
Pichincha	0,88	8
Tungurahua	0,60	9
Zamora Chinchipe	0,60	9
Galápagos	0,74	3
Sucumbíos	0,69	7
Orellana	0,71	4
Santo Domingo	0,81	2
Santa Elena	0,64	3

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Estadísticas de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, 2019.

En el 2019, el 47,96% de los 221 municipios realizaron la disposición final en relleno sanitario, el 32,58 % en celda emergente, el 19,01 % se mantenían a cielo abierto y 0,45% no definido (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2019). Por otra parte, los datos de INEC señalan que, en el 2019, el 78,18% de los municipios gestionaron sus residuos de manera directa a través de departamentos o direcciones, 8,18% con empresa pública mancomunada, 5,91% mediante la delegación a una empresa pública constituida para la gestión de desechos sólidos, 4,55% con gestión combinada y 3,18% municipios en mancomunidad.

Según el INEC, en el 2019, en Ecuador el costo mensual por tonelada de residuos sólidos ascendió a 54,77 dólares (tabla 3). Los municipios de la región insular presentan el costo operativo mensual más elevado con 163,16 dólares por tonelada, le sigue la región amazónica con 110,48 dólares, la región sierra con 57,79 dólares y la región costa con 48,98 dólares.

Tabla 3 Ecuador: Costo Mensual por Tonelada de Residuos Sólidos según provincias, en dólares, año 2019

Costo Mensual por Tonelada de Basura				
Regiones y Provincias	Costo mensual de Residuos Sólidos (USD/mes)	Toneladas recolectadas al mes	Costo Tonelada/mes de Residuos Sólidos (USD/mes)	Municipios
Nacional	26.818.040,29	489.637,17	54,77	220
Regiones Naturales				
Región Sierra	12.524.176,25	216.703,98	57,79	93
Región Costa	12.673.819,74	258.734,98	48,98	84
Región Amazónica	1.460.959,21	13.223,21	110,48	41
Región Insular	159.085,09	975,00	163,16	2
Provincias				
Azuay	1.489.602,81	14.633,90	101,79	15
Bolívar	163.203,30	2.198,40	74,24	7
Cañar	487.828,28	3.851,90	126,65	7
Carchi	366.494,02	2.935,70	124,84	6
Cotopaxi	565.475,59	9.550,70	59,21	7
Chimborazo	450.624,76	7.489,50	60,17	10
El Oro	1.132.259,76	19.028,32	59,50	14
Esmeraldas	979.737,94	14.040,00	69,78	7
Guayas	7.161.708,87	165.407,76	43,30	25
Imbabura	431.926,68	8.278,50	52,17	6
Loja	384.179,40	7.618,55	50,43	16
Los Ríos	997.255,22	16.443,00	60,65	13
Manabí	1.957.580,55	34.395,90	56,91	22
Morona Santiago	259.170,04	1.489,90	173,95	12
Napo	201.422,56	2.091,50	96,31	5
Pastaza	129.720,00	1.710,90	75,82	4
Pichincha	6.758.758,77	138.102,33	48,94	8
Tungurahua	650.159,48	11.334,50	57,36	9
Zamora Chinchipe	209.352,26	1.405,61	148,94	9
Galápagos	159.085,09	975,00	163,16	2
Sucumbíos	382.557,67	3.559,30	107,48	7
Orellana	278.736,68	2.966,00	93,98	4
Santo Domingo	775.923,16	10.710,00	72,45	2
Santa Elena	445.277,40	9.420,00	47,27	3

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Estadísticas de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, 2019.

Metodología

La metodología aplicada para dar cumplimiento al objetivo de la investigación implicó las siguientes fases:

Fase I: Proporción de desechos sólidos urbanos respecto del total de desechos sólidos urbanos generados desglosada por ciudad

- i. Se utilizó la base de datos de las Estadísticas de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, correspondiente al año 2019 generada por el INEC, de la cual por cantones se extrajeron las variables: toneladas al mes generadas y recolectadas de residuos sólidos, costo mensual de la recolección, producción per cápita de residuos sólidos y población proyectada para el área urbana por cantones.
- ii. Los cantones se clasificaron de mayor a menor según el tamaño poblacional.
- iii. De 219 cantones que participaron en el levantamiento de información efectuado por el INEC, se analizaron 13 cantones, los cuales representaban el 61,33% de la población proyectada para el área urbana. Estos territorios se analizaron para determinar el cumplimiento del indicador 11.6.1. del ODS 11

Fase II: Estimación del Costo Total en la Gestión Integral y las Toneladas de Residuos Sólidos Recolectados

- i. Con la información del costo total y las toneladas de residuos sólidos recolectados de 219 GADs municipales, se estimó una regresión lineal simple por mínimos cuadrados ordinarios.

Fase III: Ingresos y costos totales en el Sistema de Gestión de Residuos Sólidos Recolectados de las ciudades más pobladas de Ecuador

- i. Para obtener la información de los ingresos generados por las GADs municipales, correspondiente a la recolección de basura y aseo público, se consultó en los 13 municipios seleccionados para el análisis, las cédulas presupuestarias del año 2019, referente a la partida presupuestaria 13.01.16, en la cual se consolidan los ingresos por el rubro señalado.

Resultados y discusión

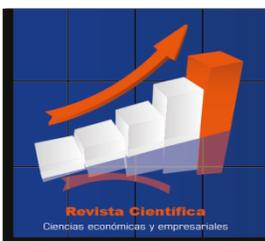
Proporción de desechos sólidos urbanos respecto del total de desechos sólidos urbanos generados desglosada por ciudad

En referencia al indicador 11.6.1. del ODS 11, en Ecuador, a nivel nacional se recolectaron el 63,7% de los residuos sólidos generados, el cantón que reporta la mayor eficacia en recolección fue Quito con el 96,09%, le sigue Ambato con el 94,29%, Cuenca con el 74,36%, Riobamba con el 70,40%, etc. Los resultados mostrados en la tabla 4 señalan que las ciudades más pobladas de Ecuador deben emprender planes de acción efectivos para cumplir con el objetivo de desarrollo sostenible 11, el rendimiento registrado en el indicador 13.01.16 al año 2019 se puede definir como deficiente en las ciudades analizadas.

Tabla 4 Situación del indicador 11.6.1. del ODS 11 para las ciudades más pobladas de Ecuador, en toneladas al año y porcentajes, año 2019

Nro.	Cantones	Toneladas recolectadas al año	Residuos Generados al año	Proporción de residuos recolectados
1	Guayaquil	1.602.816,00	3.075.278,24	52,12%
2	Quito	1.536.679,56	1.599.161,52	96,09%
3	Cuenca	150.103,20	201.872,50	74,36%
4	Santo Domingo	117.000,00	277.066,17	42,23%
5	Durán	113.499,12	214.581,17	52,89%
6	Manta	114.372,00	189.944,25	60,21%
7	Loja	60.169,80	160.836,93	37,41%
8	Quevedo	57.276,00	239.904,60	23,87%
9	Ambato	106.200,00	112.626,36	94,29%
10	Riobamba	72.000,00	102.269,40	70,40%
11	Ibarra	50.400,00	115.375,71	43,68%
12	Milagro	50.400,00	110.789,11	45,49%
13	Daule	36.000,00	55.197,00	65,22%

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Estadísticas de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, 2019.



Estimación del Costo Total en la Gestión Integral y las Toneladas de Residuos Sólidos Recolectados

La estimación del costo total en la gestión integral de residuos sólidos corresponde al valor total asignado por cada municipio de Ecuador para recolectar, transportar y disponer finalmente de los mismos, utilizando recursos humanos y materiales para el efecto.

Mediante la base de datos de estadísticas de información ambiental de los GADs (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2019), se determinó que entre 219 jurisdicciones territoriales que reportaron información, acerca de lo asignado para gestionar residuos sólidos recolectados, el costo total nacional ascendió a 321,82 millones de dólares en el año 2019, sin embargo, la brecha entre los residuos recolectados y los generados es importante, lo que implica que en un escenario en donde los sistemas de gestión de residuos sólidos de los municipios alcancen el 100% de eficiencia en la recolección, implicaría asignar un presupuesto de 505,59 millones de dólares en el año de análisis. Con ello se demuestra que al parecer existe un problema de asignación presupuestaria para cumplir con las metas de recolección que permitan contribuir al logro del indicador 11.6.1. del ODS 11.

Considerando que se cuenta con información del costo total por la gestión de residuos sólidos por municipio y las toneladas anuales recolectadas, se efectuó un análisis de regresión lineal, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 5 Estimación del Costo Total en función de las toneladas recolectadas, año 2019

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,991520105
Coefficiente de determinación R ²	0,983112119
R ² ajustado	0,983034294
Error típico	0,878298392
Observaciones	219

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	9744,77448	9744,77448	12632,45087	2,684E-194
Residuos	217	167,39555	0,77140806		
Total	218	9912,17003			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95,0%</i>
β_1	0,277357359	0,06029023	4,60036978	7,16816E-06	0,158527947	0,39618677	0,158527947
β_2	44,43344955	0,39533587	112,394176	2,684E-194	43,65425982	45,2126393	43,65425982

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Estadísticas de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, 2019

La ecuación 2 corresponde al costo total en la gestión integral de residuos sólidos, como se muestra a continuación:

$$CTGIRS = \beta_1 + \beta_2 \text{Ton} \quad (2)$$

En donde:

CTGIRS: Costo total en la gestión integral de residuos sólidos recolectados en millones de dólares.

Ton: Toneladas de residuos sólidos recolectados al año en millones.

β_1 = Intercepto.

β_2 = Pendiente.

Al reemplazar la información de la tabla 5, en la ecuación de costo total, se obtuvo lo siguiente:

$$CTGIRS = \beta_1 + \beta_2 \text{Ton}$$

$$CTGIRS = 0,277357359 + 44,43344955 \text{Ton}$$

En función de los resultados de la tabla 5, se puede señalar que los estimadores del costo total, es decir el intercepto y pendiente fueron significativos al 1%, y se observó que el coeficiente de determinación R^2 ajustado fue de 98,30%, es decir, que la variable dependiente, costo total fue explicada en un 98,30% por la variable independiente toneladas. En lo que respecta a la interpretación de los estimadores, se tiene que, el intercepto β_1 fue 277.357,36 dólares, lo que significa que en un escenario en donde los sistemas de gestión de residuos sólidos se encuentren paralizados, es decir, que no recolecten ninguna tonelada de desechos al año, el valor mínimo para mantener en operación el sistema corresponde al valor de β_1 , en otras palabras, es el costo fijo anual. En cambio, β_2 es la variación que tiene el costo total por cada tonelada recolectada, siendo este valor 44,43 dólares por tonelada.

Ingresos y costos totales en el Sistema de Gestión de Residuos Sólidos Recolectados de las ciudades más pobladas de Ecuador

Los municipios de Ecuador en su estructura organizativa han establecido áreas encargadas para la gestión integral de residuos sólidos, estas dependencias suelen ser direcciones de recolección de basura y aseo público, y también empresas públicas para el mismo objetivo, lo que tienen en común

es que por el proceso de recolección de residuos sólidos se ha establecido una tasa de cobro para financiar las operaciones del sistema.

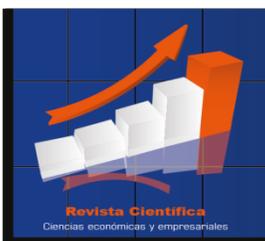
Los ingresos generados por la aplicación de la tasa de cobro por recolección de residuos sólidos, entre las 13 ciudades más pobladas de Ecuador, permiten observar que 3 de ellas fueron autosuficientes con el valor recaudado por la tasa de cobro, mientras que 10 de las ciudades registraron déficit, por lo que fue necesario asignar un subsidio y efectuar otras actividades generadoras de ingresos. Al ser un servicio público, el interés se enfoca en obtener al menos los ingresos suficientes para cubrir el costo total, es decir, el punto de equilibrio. En esa línea los ingresos por recolección de residuos deberían ser equivalentes al costo anual. La diferencia entre el ingreso por recolección de residuos y el costo total anual permite estimar el superávit o déficit en la gestión integral de residuos sólidos, en caso de que exista déficit se asigna un subsidio y se genera ingresos por otras fuentes, en caso de superávit se concluye que la entidad fue autosuficiente con la recaudación obtenida por la aplicación de la tasa de cobro por recolección de basura.

Tabla 6 Participación de los subsidios y otros ingresos en los Ingresos totales, en dólares y porcentajes, año 2019

Nro	Cantones	Ingresos por recolección de residuos* (a)	Costo Anual** (b)	Superávit /Déficit (c=a -b)	Subsidio o y otros ingresos	% Participación subsidio y otros
1	Guayaquil	36.743.611,99	66.307.709,16	-29.564.097,17	Si	-44,59%
2	Quito	12.167.157,68	72.690.704,16	-60.523.546,48	Si	-83,26%
3	Cuenca	18.606.116,79	14.929.488,72	3.676.628,07	No	19,76%
4	Santo Domingo	2.249.836,60	8.847.900,00	-6.598.063,40	Si	-74,57%
5	Durán	3.602.879,44	3.377.830,68	225.048,76	No	6,25%
6	Manta	5.356.094,86	5.502.924,72	-146.829,86	Si	-2,67%
7	Loja	1.515.352,85	1.687.598,40	-172.245,55	Si	-10,21%
8	Quevedo	1.404.225,00	3.574.158,00	-2.169.933,00	Si	-60,71%
9	Ambato	4.275.675,67	5.941.071,60	-1.665.395,93	Si	-28,03%
10	Riobamba	1.246.639,13	2.403.877,20	-1.157.238,07	Si	-48,14%
11	Ibarra	851.187,17	2.558.439,00	-1.707.251,83	Si	-66,73%
12	Milagro	1.509.066,21	1.800.000,00	-290.933,79	Si	-16,16%
13	Daule	3.178.821,53	1.440.000,00	1.738.821,53	No	54,70%

*Fuente: Cédulas presupuestarias de los GADs Municipales correspondientes al año 2019.

**Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Estadísticas de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, 2019.



Conclusiones

Los costos operativos reportados por los municipios de Ecuador se rigen a los residuos sólidos recolectados, con ello se infiere, que el presupuesto real operativo que necesitan los municipios del país, no está siendo estimado, y, por lo tanto, ello incide en no cumplir con el ODS 11.

La comparación entre los ingresos totales y los costos operativos de las 13 ciudades analizadas en este estudio demuestran la existencia de déficit en los presupuestos asignados, lo cual ha justificado la implementación de subsidios para hacer sostenibles los sistemas de recolección de residuos sólidos en los municipios, sin embargo, a la vez ello señala que las metodologías aplicadas para definir la tasa de recolección de residuos sólidos deben ser revisadas y mejoradas, para al menos permitir alcanzar el punto de equilibrio.

El levantamiento de información efectuado por el INEC para obtener Estadísticas de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales carece de información acerca de los montos de inversión, que deben efectuar los municipios para incrementar la cobertura de los sistemas de recolección de residuos sólidos, siendo un aspecto a mejorar en el proceso.

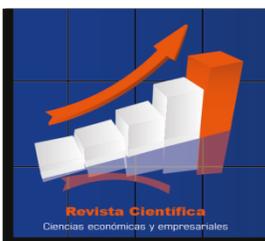
Los costos operativos de recolección de residuos sólidos deben incluir el costo de inversión destinado para incrementar la cobertura del sistema, ello permitirá tener una valoración objetiva de los costos y evaluar la sostenibilidad correspondiente.

La recaudación de los ingresos provenientes por la recolección de residuos sólidos debe representar la realidad de la generación de los mismos, es decir si un domicilio genera mayor cantidad de residuos debería pagar más por este comportamiento, es decir la recaudación debería ser progresiva, este criterio permitiría reducir el déficit de los presupuestos asignados para la recolección de residuos sólidos entre los municipios del país.

Referencias

1. Abarca-Guerrero, L., Maas, G., & Hogland, W. (2015). Desafíos en la gestión de residuos sólidos para las ciudades de países en desarrollo. *Tecnología en Marcha*, 28(2), 141-168. Obtenido de https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/2340/2129

2. Asamblea Constituyente. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Obtenido de https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/documents/old/constitucion_de_bolsillo.pdf
3. Asamblea Nacional. (2010). *Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Paola-Siclari-2/publication/352285450_Como_las_ciudades_de_America_Latina_estan_enfrentando_el_cambio_climatico_Riesgos_medidas_y_propuestas/links/60c20618a6fdcc2e612d331c/Como-las-ciudades-de-America-Latina-estan-enfr
4. Asamblea Nacional. (2017). *Código Orgánico Ambiental*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Codigo-Organico-del-Ambiente.pdf>
5. Hernández Núñez, C. (2018). Beneficios económicos, sociales y ambientales en el aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos. *Revista de Investigación Agropecuaria y Desarrollo Sostenible*, 30-35. Obtenido de <http://revistas.sena.edu.co/index.php/riads/article/view/1449/2207>
6. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2019). *Estadísticas de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/gad-municipales/>
7. Naciones Unidas. (2018). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://unstats.un.org/sdgs/files/report/2018/TheSustainableDevelopmentGoalsReport2018-ES.pdf>
8. Ruiz, L., & Vaca, G. (2021). La gestión de desechos sólidos, políticas nacionales y adaptación climática en contextos locales: el caso de Latacunga, Ecuador. En Varios, *Gestión local del cambio climático : planificación participativa y gobernanza territorial* (pág. 297). Quito, Ecuador. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Paola-Siclari-2/publication/352285450_Como_las_ciudades_de_America_Latina_estan_enfrentando_el_cambio_climatico_Riesgos_medidas_y_propuestas/links/60c20618a6fdcc2e612d331c/Como-las-ciudades-de-America-Latina-estan-enfr
9. Sánchez-Muñoz, M., Cruz-Cerón, J., & Maldonado-Espinel, P. (2019). Gestión de residuos sólidos urbanos en América Latina: un análisis desde la generación. *Revista Finanzas y*



Política Económica, 11(2), 321-336.
doi:<http://dx.doi.org/10.14718/revfinanzpolitecon.2019.11.2.6>

10. Secretaría Técnica Planifica Ecuador, Sistema Nacional de Información e Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2017). *Proyecciones referenciales de la población a nivel cantonal 2010-2030*. Obtenido de <https://sni.gob.ec/proyecciones-y-estudios-demograficos>
11. UN-Habitat, UNSD. (2020). *Indicator 11.6.1: Proportion of municipal solid waste collected and managed in controlled facilities out of total municipal solid waste generated by cities*. Obtenido de <https://unstats.un.org/sdgs/metadata/files/Metadata-11-06-01.pdf>
12. United Nations. (2021). (D. o. Affairs, Productor) Obtenido de <https://unstats.un.org/sdgs/UNSDG/IndDatabasePage>