



NUEVAS REALIDADES PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA:  
CURRÍCULO, TECNOLOGÍA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

13 - 16  
DE SEPTIEMBRE

2022

CARTAGENA DE INDIAS,  
COLOMBIA



Encontro Internacional de  
Educação em Engenharia ACOFI

# Comparación del índice ambiental en municipios de categoría 1 y distritos especiales en Colombia con base en datos de producción de residuos

Joan Alexander Altamirano Campos, Chabely Tatiana Potosí Chacón

Pontificia Universidad Javeriana  
Cali, Colombia

## Resumen

Los residuos sólidos se definen como todo material que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible al aprovechamiento (residuos aprovechables) o bien, a su disposición final (residuos no aprovechables). Un manejo inadecuado de este tipo de residuos genera un impacto negativo de carácter ambiental y sanitario. Por esta razón, los municipios tienen la responsabilidad de formular un Plan de Gestión de Residuos Sólidos que regule su recolección, aprovechamiento y la disposición final. Para conocer la eficiencia de la implementación de la Gestión de Residuos, se puede construir y analizar el índice de calidad ambiental vinculado a la producción de residuos, el cual involucra tres aspectos generales: la producción y composición de residuos sólidos, la urbanización de la zona en estudio y la eficiencia de la recolección de residuos. En esta investigación se utilizan los datos registrados en el Sistema Único de Información de Servicios Públicos para la determinación del índice de calidad ambiental vinculado a residuos sólidos de los municipios de categoría 1 y distritos especiales en Colombia. Los resultados muestran que algunos municipios han tenido una leve mejoría en el índice de calidad con el paso del tiempo, lo cual indica cierto progreso en las condiciones ambientales de estas zonas. También se lograron identificar aquellos municipios que no muestran mejoría en los aspectos considerados para la determinación del índice. Este estudio continúa incluyendo el análisis por regiones fisiográficas en Colombia.

**Palabras clave:** residuos sólidos; índice de calidad ambiental; indicadores

## Abstract

*Solid waste is defined as any material that the generator abandons, rejects or delivers and that is susceptible to use (usable waste) or, to its final disposal (unusable waste). A bad usage of this type of waste generates a negative environmental and health impact. For this reason, the municipalities have the responsibility to formulate a Solid Waste Management Plan that regulates its collection, use and final disposal. To know the efficiency of the implementation of Waste Management, it's possible to build and analyze the environmental quality index linked to waste production, which involves three general aspects: the production and composition of solid waste, the urbanization of the area under study and the efficiency of waste collection. In this research, the data registered in the Single Information System of Public Services is used to determine the environmental quality index linked to solid waste in category 1 municipalities and special districts in Colombia. The results shows that some municipalities have had a slight improvement in the quality index over time, which indicates some progress in the environmental conditions of these areas. It was also possible to identify those municipalities that do not show improvement in the aspects considered for the determination of the index. This study continues including the analysis by physiographic regions in Colombia.*

**Keywords:** *solid waste; environmental quality index; indicators*

## 1. Introducción

La meta básica de la Gestión de Residuos Sólidos es gestionar los residuos de la sociedad de una forma que sea compatible con las preocupaciones ambientales, la salud pública y el deseo de fomentar la cultura de reutilización y reciclaje de materiales residuales (Tchobanoglous, et al., 1994). La determinación de un indicador de calidad ambiental vinculado a la producción de residuos puede resultar útil para la evaluación de la eficiencia de la Gestión de Residuos Sólidos desplegada por los entes gubernamentales de cada zona y la formulación de normativas que reflejen una mejora en el desarrollo sostenible de los municipios. Aunque la conciencia está muy extendida, la falta de datos cuantificables fiables impide un análisis significativo. Además, siempre que estos indicadores únicos están disponibles, a menudo se tratan por separado y, en consecuencia, los riesgos de su evaluación pierden importancia y terminan desviándose de su significado real (Loukil, et al., 2020). Además, es importante señalar el número insuficiente de estudios que investigan los indicadores de desempeño para las ciudades en desarrollo, ya que la mayoría de las investigaciones se centran en adaptar los indicadores al contexto de las ciudades desarrolladas (Cifrian, et al., 2010). El objeto de esta investigación es evaluar el índice de calidad ambiental vinculado a los residuos sólidos en los municipios de categoría 1 y distritos especiales en Colombia, a través de la propuesta de (Loukil, et al., 2020), la cual permite comparar el sistema de recolección de gestión de residuos en las zonas de estudio considerando tres aspectos generales: la generación de residuos, la urbanización de la zona estudiada y la eficiencia del servicio de recolección.



## 2. Antecedentes teóricos

En principio, es importante indagar sobre los conceptos generales que se tratan en la investigación. Con el propósito de entender el alcance de la investigación, se dispone esta sección para brindar algunas definiciones vinculadas a los residuos sólidos y la categorización municipal en Colombia.

### 2.1. Residuos sólidos

Los residuos sólidos se definen como todo material que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible al aprovechamiento o bien, a su disposición final. Principalmente, están compuestos de los desechos procedentes de materiales utilizados en la fabricación, transformación o utilización de bienes de consumo (Rivas A., 2018). En la Figura 1, se presenta la clasificación de los residuos sólidos de acuerdo con su peligrosidad, su origen y su composición.

Aunque la mayoría de los residuos sólidos son susceptibles al aprovechamiento o transformación utilizando un correcto método de reciclaje (Rivas A., 2018), en Colombia solo se recicla el 17% del total de residuos producidos y no se hace la separación en la fuente, ni la recolección selectiva (Departamento Nacional de Planeación, 2016). Considerando que, el manejo inadecuado de los residuos sólidos genera un impacto negativo de carácter ambiental y sanitario, resulta importante evaluar la eficiencia de las normativas que regulan la gestión de los residuos y a su vez, formular estrategias que permitan el mejoramiento de esta. Por otro lado, la formulación e implementación del Plan de Gestión de Residuos Sólidos es responsabilidad de las autoridades locales de cada municipio (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Colombia, 2016). Así mismo, cada uno de ellos plantea objetivos y metas de acuerdo con sus necesidades. Por esta razón, involucrar un indicador de calidad ambiental que cumpla con ciertos parámetros de normalización permite una comparación entre los municipios y así mismo, estudiar los efectos de la transformación del Plan de Gestión de Residuos Sólidos con el paso del tiempo.

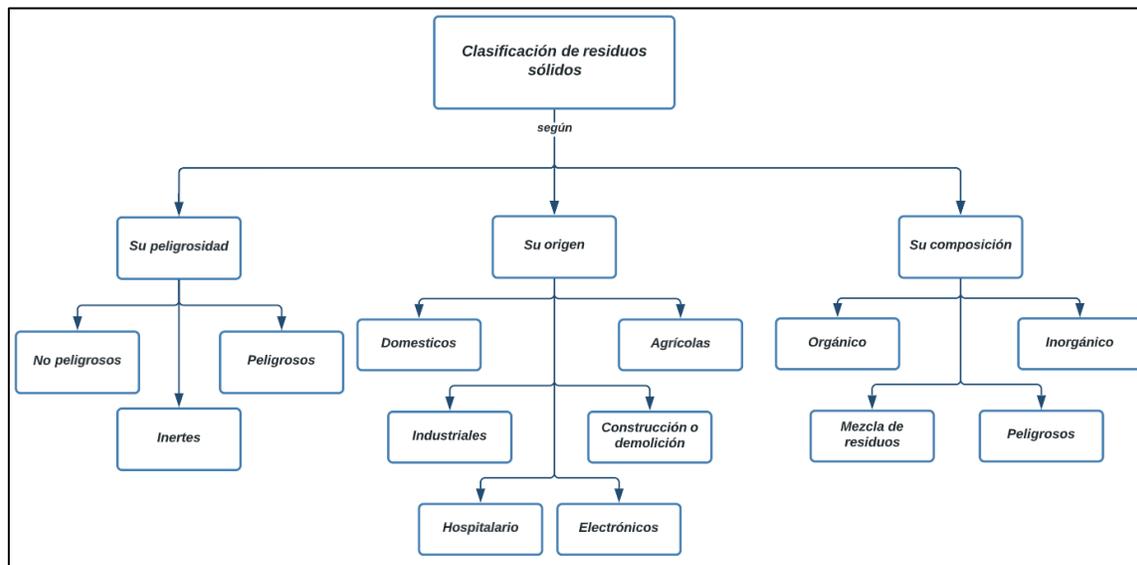


Figura 1 Clasificación de residuos sólidos

## 2. 2. Categorización de municipios

La categorización de los municipios en Colombia permite diferenciar cada territorio en términos administrativos, organizacionales y gubernamentales. En otras palabras, la ubicación de cada municipio en determinada categoría influye en la cantidad y clase de funciones administrativas, referidas principalmente a las responsabilidades sectoriales y territoriales (Duque C., 2017). Por otro lado, la categoría del municipio es uno de los criterios evaluados para la asignación y distribución de recursos provenientes del Estado.

De acuerdo con el artículo 2 de la Ley 617 del 2000, los distritos y municipios se clasifican de acuerdo con su población e ingresos corrientes de libre destinación (ICDL) (Congreso Nacional de Colombia, 2000), medidos en habitantes y salarios mínimos legales vigentes, como se muestra en la Tabla 1. Los municipios involucrados en este estudio son los clasificados como especiales y de primera categoría para el año 2022 de acuerdo con el Historial de Categoría de la Contaduría General de la Nación y son descritos en la Tabla 4.

**Tabla 1 Categorización de los municipios según la población y el IC DL**

<b>Categoría</b>	<b>Población [hab]</b>	<b>ICDL [SMLV]</b>
Especial	Mayor o igual a 500.001	Mayor a 400.000
Primera	100.001 a 500.000	Desde 100.000 hasta 400.000
Segunda	50.001 a 100.000	Desde 50.000 hasta 100.000
Tercera	30.001 a 50.000	Desde 30.000 hasta 50.000
Cuarta	20.001 a 30.000	Desde 25.000 hasta 30.000
Quinta	10.001 a 20.000	Desde 15.000 hasta 25.000
Sexta	Menor o igual a 10.000	Desde 15.000

Fuente: Ley 617 del 2000

## 3. Metodología

La construcción de un índice de calidad ambiental debe seguir una metodología rigurosa que permita identificar, de la forma más exhaustiva posible, todos los indicadores relevantes para el propósito de la investigación, sin descuidar la información proporcionada por cada indicador individual (Loukil, et al., 2020). En el 2020, (Loukil, et al., 2020) propuso un enfoque de varios pasos para la determinación del índice de calidad ambiental: primero, se establece y justifica la elección de los indicadores, luego, se describe el proceso de normalización adoptado y, posteriormente, se destacan los métodos de ponderación y agregación que se empleen.

### 3. 1. Factores que afectan el índice de calidad ambiental vinculado a residuos sólidos

De acuerdo con la propuesta de (Loukil, et al., 2020), el índice de calidad ambiental vinculado a residuos sólidos considera tres aspectos generales: la generación de residuos, en el cual se considera la cantidad de residuos producidos y su composición, la urbanización de la zona estudiada, donde se destaca el impacto de la urbanización involucrando la densidad poblacional del

municipio y el porcentaje de población en condición de pobreza, y la eficiencia del servicio de recolección, el cual se evalúa a través de la tasa de no recolección de residuos. Aunque es posible considerar otros indicadores, la disponibilidad de información limita la inclusión de estos (Loukil, et al., 2020). En la Tabla 2, se describen los indicadores considerados en la construcción del índice de calidad ambiental junto a las fuentes de información consultadas para cada uno.

### 3. 1. Normalización de los indicadores

Teniendo en cuenta que los indicadores tienen unidades de medida distintas, se requiere de un método que permita normalizar la información para obtener un índice de calidad ambiental de recolección de residuos. Para esto, se utiliza el método de normalización conocido como Min-Max dado por la ecuación (1), el cual desplaza el mínimo y máximo valor de la base de datos asignando el valor de 0 y 1, respectivamente, mientras que el resto de la información toma un valor entre este rango (Gil G., et al., 2014). En la Tabla 3, se presenta la nomenclatura para cada uno de los indicadores considerados en el estudio y sus respectivas unidades.

$$I_e^i(C_j) = \frac{D_e^i(C_j) - \min D_e^i}{\max D_e^i - \min D_e^i} \quad \forall_i = \{1, 4, 5\}; \forall_j = 1, \dots, N \quad (1)$$

El subíndice  $i$  representa los indicadores y puede tomar valores entre 1 y 5. Considerando que la información disponible para  $I_e^2$  es un dato nacional, se evitará la normalización del indicador. Lo mismo ocurre para  $I_e^3$ . Por otro lado, el municipio se conoce como  $C_j$  y el subíndice  $j$  varía para representar las  $N$  ciudades consideradas. El uso de los valores mínimo y máximo entre los municipios involucrados en el estudio permite tener el mismo denominador para los indicadores (Loukil, et al., 2020). Este supuesto permite realizar una comparación entre los municipios de muestra, asignando una posición para cada uno de acuerdo con cada indicador involucrado en comparación con los municipios más éxitos y los más críticos del mismo conjunto de datos.

**Tabla 2 Fuentes de información para cada indicador.**

Indicador	Recurso	Información disponible
$I^1$ : Producción de residuos	✓ Toneladas de residuos sólidos que ingresan al sitio de disposición final (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2022).	Por municipio desde 2016 hasta la fecha
	✓ Porcentaje de residuos recolectados en áreas urbanas (Departamento Nacional de Planeación, 2016).	Dato nacional 2018
$I^2$ : Composición de residuos	✓ Distribución de los residuos dispuestos (DANE, 2018)	Dato nacional 2018
$I^3$ : Recolección de residuos	✓ Porcentaje de residuos recolectados en áreas urbanas (Departamento Nacional de Planeación, 2016).	Dato nacional 2018
$I^4$ : Densidad poblacional	✓ Extensión por municipio en km <sup>2</sup> (Departamento Nacional de Planeación, 2022)	Por municipio
	✓ Proyecciones de población municipales por área (DANE, 2022)	Por municipio desde 2005 hasta 2020
$I^5$ : Población en condición de pobreza	✓ Medida de pobreza multidimensional [%] (DANE, 2018)	Por municipio 2018



**Tabla 3 Nomenclatura de los indicadores**

Indicador	Unidad	Indicador normalizado
$D_e^1$ : Cantidad de residuos producidos por cada municipio $C_j$	kg/hab/día	$I_e^1$
$D_e^2$ : Residuos no orgánicos/Total de residuos producidos	%	$I_e^2$
$D_e^3$ : Residuos no recolectados/Total de residuos producidos	%	$I_e^3$
$D_e^4$ : Densidad poblacional	hab/km <sup>2</sup>	$I_e^4$
$D_e^5$ : Población en condición de pobreza/Población total	%	$I_e^5$

### 3. 2. Índice de calidad ambiental vinculado a residuos sólidos

Por último, el índice de calidad ambiental vinculado a residuos sólidos se determina usando la fórmula (2) (Loukil, et al., 2020). En esta expresión se considera el promedio aritmético simple de los tres indicadores que influyen en la recolección de residuos: producción, composición y servicio de recolección ineficiente. En el caso del aspecto que considera la urbanización de la zona, (Loukil, et al., 2020) propone una refinación en su contribución con un promedio ponderado de los dos indicadores: densidad poblacional y población en condición de pobreza. Debido a la normalización de los indicadores, se espera que el índice de calidad ambiental vinculado a los residuos sólidos tome un valor entre 0 (condición menos crítica) y 1 (condición más crítica).

$$ICAR(C_j) = \sum_{i=1}^3 \frac{1}{4} I_e^i(C_j) + \frac{1}{4} \left( \frac{1}{3} I_e^4(C_j) + \frac{2}{3} I_e^5(C_j) \right) \quad \forall j = 1, \dots, N \quad (2)$$

### 3. 3. Municipios en estudio

Colombia comprende 32 departamentos y 1123 municipios (Ministerio de Tecnologías de La Información y Las Comunicaciones, 2022). En la Tabla 4, se describen los municipios clasificados como categoría 1 y distritos especiales para el año 2022, de acuerdo con el historial de categorización de Colombia (Contaduría General de la Nación, 2022). La metodología descrita para la determinación del índice de calidad ambiental vinculado a los residuos sólidos se aplica a la información encontrada para estos municipios en las fuentes consultadas (véase Tabla 2).

**Tabla 4 Descripción de los municipios involucrados en la investigación**

Municipio	Departamento	Categoría	Extensión [km <sup>2</sup> ]
Bello	Antioquia	1	151
Envigado	Antioquia	1	51
Itagüí	Antioquia	1	17
Medellín	Antioquia	Especial	387
Rionegro	Antioquia	1	198
Sabaneta	Antioquia	1	15
Barranquilla	Atlántico	Especial	166
Bogotá, D.C.	Bogotá, D.C.	Especial	1605
Cartagena de indias	Bolívar	Especial	559
Tunja	Boyacá	1	118
Manizales	Caldas	1	477
Valledupar	Cesar	1	4225
Montería	Córdoba	1	3043
Chía	Cundinamarca	1	76



Funza	Cundinamarca	1	71
Mosquera	Cundinamarca	1	107
Soacha	Cundinamarca	1	187
Neiva	Huila	1	1468
Santa marta	Magdalena	1	2369
Villavicencio	Meta	1	1328
Pasto	Nariño	1	1131
Cúcuta	Norte de Santander	1	1098
Armenia	Quindío	1	115
Pereira	Risaralda	1	702
Barrancabermeja	Santander	1	1274
Bucaramanga	Santander	1	154
Floridablanca	Santander	1	101
Ibagué	Tolima	1	1439
Cali	Valle del cauca	Especial	552
Palmira	Valle del cauca	1	1044
Yumbo	Valle del cauca	1	243

#### 4. Resultados y discusión

La Tabla 5 proporciona el valor de tres de los indicadores normalizados que componen el índice de calidad ambiental vinculado a residuos sólidos. Los indicadores vinculados a la composición y recolección de los residuos se asumen como el dato nacional disponible (véase Tabla 2). La tasa de residuos no orgánicos y la tasa de residuos no recolectados respecto a la cantidad total de residuos producidos es de 84.8% (DANE, 2018) y 2.6% (Departamento Nacional de Planeación, 2016), respectivamente.

De acuerdo con la Tabla 5, la situación de producción de residuos es crítica para el municipio de Sabaneta, presentando el mayor valor per cápita entre el conjunto de municipios estudiado (4.99 kg/hab/día). En el extremo contrario, se encuentra Bello con la condición menos crítica presentando un valor de producción de residuos per cápita de 0.44 kg/hab/día.

**Tabla 5 Indicadores del índice de calidad ambiental vinculado a residuos sólidos por municipio**

Municipio	Departamento	Producción	Densidad poblacional	Población pobre	Promedio ICAR's
Sabaneta	Antioquia	1.000	0.215	0.000	0.486
Valledupar	Cesar	0.139	0.000	1.000	0.420
Barranquilla	Atlántico	0.277	0.452	0.495	0.408
Santa Marta	Magdalena	0.208	0.006	0.765	0.399
Bucaramanga	Santander	0.400	0.205	0.371	0.398
Montería	Córdoba	0.112	0.002	0.869	0.392
Cartagena De Indias	Bolívar	0.254	0.108	0.591	0.390
Barrancabermeja	Santander	0.112	0.002	0.842	0.387
Cúcuta	Norte De Santander	0.119	0.030	0.815	0.387
Itagüí	Antioquia	0.007	1.000	0.244	0.344
Neiva	Huila	0.158	0.008	0.502	0.342
Yumbo	Valle Del Cauca	0.162	0.025	0.427	0.332
Medellín	Antioquia	0.109	0.397	0.317	0.332
Manizales	Caldas	0.180	0.045	0.360	0.327



Bogotá, D.C.	Bogotá, D.C.	0.218	0.308	0.170	0.327
Pereira	Risaralda	0.151	0.035	0.406	0.327
Soacha	Cundinamarca	0.121	0.173	0.367	0.324
Villavicencio	Meta	0.116	0.017	0.438	0.322
Armenia	Quindío	0.071	0.154	0.381	0.313
Cali	Valle Del Cauca	0.089	0.267	0.285	0.310
Mosquera	Cundinamarca	0.213	0.045	0.196	0.308
Pasto	Nariño	0.048	0.018	0.454	0.308
Rionegro	Antioquia	0.205	0.032	0.190	0.304
Ibagué	Tolima	0.066	0.017	0.396	0.302
Floridablanca	Santander	0.099	0.155	0.250	0.298
Bello	Antioquia	0.000	0.191	0.373	0.297
Palmira	Valle Del Cauca	0.128	0.011	0.269	0.296
Envigado	Antioquia	0.188	0.282	0.012	0.291
Tunja	Boyacá	0.049	0.098	0.265	0.283
Funza	Cundinamarca	0.143	0.063	0.127	0.281
Chía	Cundinamarca	0.076	0.104	0.085	0.260

Por otro lado, los resultados ponen en evidencia el problema de la urbanización de los municipios en estudio, en especial, respecto al porcentaje de población en condición de pobreza económica. De los nueve municipios más críticos respecto a su índice de calidad ambiental vinculado a residuos sólidos, siete se encuentran condicionados por el indicador vinculado a la población en condición de pobreza. Un ejemplo puntual es el caso de Valledupar, municipio que, aunque no presenta un estado crítico en los indicadores de producción y densidad poblacional, posee la mayor medida multidimensional de pobreza (DANE, 2018) respecto al resto de municipios en estudio, ubicándolo en el segundo lugar de municipios más críticos.

En la Tabla 6, se muestra el índice de calidad ambiental vinculado a residuos sólidos determinado desde el 2016 hasta el 2020. En esta se puede evidenciar como el índice varía con respecto a los diferentes años, presentando mejorías en los diferentes municipios a excepción de: Itagüí, Villavicencio, Bogotá, Soacha, Mosquera, Bello y Funza, los cuales, en su mayoría, se encuentran en los departamentos de Cundinamarca y Antioquia.

Por otro lado, se evidencia una mejoría notable del índice de calidad ambiental vinculado a residuos entre el año 2016 y 2017. Un ejemplo puntual es el caso de Bucaramanga, el cual logró disminuir el índice pasando de ser el municipio más crítico, a encontrarse dentro del rango estándar. Los municipios más y menos críticos desde el año 2017 hasta el 2020 son Sabaneta y Chía, respectivamente.

**Tabla 6 Índice de calidad ambiental vinculado a residuos sólidos por año**

Municipio	Departamento	2016	2017	2018	2019	2020
Sabaneta	Antioquia		0.486	0.486	0.486	0.486
Valledupar	Cesar	0.479	0.408	0.408	0.406	0.399
Cúcuta	Norte De Santander				0.389	0.385
Barranquilla	Atlántico	0.505	0.381	0.385	0.385	0.383
Montería	Córdoba	0.430	0.383	0.385	0.385	0.376
Barrancabermeja	Santander	0.427	0.376	0.378	0.379	0.375
Santa Marta	Magdalena	0.482	0.379	0.380	0.379	0.373

Cartagena De Indias	Bolívar	0.488	0.366	0.367	0.366	0.361
Bucaramanga	Santander	0.547	0.361	0.361	0.360	0.358
Itagüí	Antioquia	0.341	0.345	0.343	0.343	0.350
Yumbo	Valle Del Cauca				0.335	0.329
Neiva	Huila	0.401	0.328	0.329	0.329	0.325
Villavicencio	Meta		0.316	0.326	0.325	0.321
Bogotá, D.C.	Bogotá, D.C.	0.364	0.310	0.321	0.323	0.318
Medellín	Antioquia	0.371	0.323	0.324	0.324	0.318
Soacha	Cundinamarca	0.359	0.312	0.319	0.320	0.313
Mosquera	Cundinamarca			0.291	0.323	0.311
Pereira	Risaralda	0.386	0.314	0.314	0.313	0.308
Armenia	Quindío		0.314	0.316	0.313	0.307
Cali	Valle Del Cauca		0.311	0.312	0.311	0.307
Manizales	Caldas	0.394	0.311	0.313	0.312	0.306
Pasto	Nariño			0.311	0.309	0.303
Ibagué	Tolima		0.303	0.305	0.304	0.297
Bello	Antioquia		0.296	0.297	0.297	0.297
Palmira	Valle Del Cauca		0.297	0.298	0.297	0.293
Floridablanca	Santander			0.298	0.302	0.293
Rionegro	Antioquia	0.353	0.297	0.290	0.291	0.289
Funza	Cundinamarca			0.273	0.281	0.288
Tunja	Boyacá		0.285	0.285	0.284	0.279
Envigado	Antioquia	0.361	0.277	0.276	0.274	0.267
Chía	Cundinamarca		0.259	0.263	0.261	0.257

## 5. Conclusión

Esta investigación permitió evaluar el índice de calidad ambiental vinculado a la producción de residuos para los municipios de categoría 1 y distritos especiales en Colombia, siguiendo un enfoque metodológico planteado para países en proceso de desarrollo. Una de las dificultades principales fue la recopilación de información completa y confiable, lo cual hizo inevitable la utilización de datos generales del país. Por supuesto, este estudio continúa con la extensión de este proceso para el resto de los municipios de Colombia.

## 6. Agradecimientos

El apoyo del Semillero Gestión de Obras liderado por la Dra. María Fernanda Serrano Guzmán, la dirección del programa de Ingeniería Civil, la Decanatura de Ingeniería y Ciencias y la Oficina de Investigaciones de la Pontificia Universidad Javeriana.

## 7. Referencias

- Cifrian, E., Coz, A., Viguri, J., and Andrés, A. (2010). Indicators for Valorisation of Municipal Solid Waste and Special Waste. *Waste and Biomass Valorization*, Vol. 1, pp. 479-486.

- Congreso Nacional de Colombia. (2000). Artículo 2°. Categorización de los distritos y municipios. En *LEY 617 DE 2000*. Consultado el 06 de junio de 2022 en <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=3771>.
- Contaduría General de la Nación. (2022). *Categorización de Departamentos, distritos y municipios*. Consultado el 29 de marzo de 2022 en <https://www.contaduria.gov.co/categorizacion-de-departamentos-distritos-y-municipios>.
- DANE. (2018). Generación De Residuos En Colombia. *Distribución De Los Residuos Dispuestos*. Consultado el 12 de abril de 2022 en [https://img.lalr.co/cms/2018/08/22195832/RSE\\_GENERACIONDERESIDUOS\\_PG12-13.jpg](https://img.lalr.co/cms/2018/08/22195832/RSE_GENERACIONDERESIDUOS_PG12-13.jpg).
- DANE. (2018). *Medida de pobreza multidimensional municipal de fuente censal 2018*. Consultado el 25 de febrero de 2022 en <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-y-desigualdad/medida-de-pobreza-multidimensional-de-fuente-censal>.
- DANE. (2022). *Proyecciones de población municipales por área*. Consultado el 25 de febrero de 2022 en [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06\\_20/ProyeccionMunicipios2005\\_2020.xls](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/ProyeccionMunicipios2005_2020.xls)
- Departamento Nacional de Planeación. (2016). *Rellenos sanitarios de 321 municipios colapsarán en cinco años, advierte el DNP*. (Departamento Nacional de Planeación, Editor) Consultado el 13 de marzo de 2022 en <https://www.dnp.gov.co/Paginas/Rellenos-sanitarios-de-321-municipios-colapsar%C3%A1n-en-cinco-a%C3%B1os,-advierte-el-DNP-.aspx#:~:text=La%20cobertura%20de%20recolecci%C3%B3n%20de,1%25%20en%20las%20zonas%20rurales>.
- Departamento Nacional de Planeación. (2022). TERRIDATA - Sistema de estadísticas territoriales. Consultado el 25 de febrero de 2022 en <https://terridata.dnp.gov.co/index-app.html#/perfiles/76001>.
- Duque C., N. (2017). Importancia de la categorización territorial para la descentralización y las relaciones intergubernamentales en Colombia. *Revista Derecho del Estado*, Vol. 1, pp. 67–95.
- Gil G., W. J., Mora F., J. J., and Pérez L., S. M. (2014). Análisis del procesamiento de los datos de entrada para un localizador de fallas en sistemas de distribución. *Tecnura*, Vol. 18, pp. 64-75.
- Loukil, F., Rouached, and L. (2020). Waste collection criticality index in African cities. *Waste Management*, Vol. 103, pp. 187-197.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Colombia. (2016). Planes de gestión integral de residuos sólidos. Consultado el 25 de mayo de 2022 en <https://www.youtube.com/watch?v=GPlcH8RAJTk>.
- Ministerio de Tecnologías de La Información y Las Comunicaciones. (2022). Departamentos y municipios de Colombia. Consultado el 25 de Mayo de 2022 en <https://www.datos.gov.co/Mapas-Nacionales/Departamentos-y-municipios-de-Colombia/xdk5-pm3f>.
- Rivas A., C. A. (2018). PIENSA UN MINUTO ANTES DE ACTUAR: GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS. Ministerio de Industria y Turismo. Consultado el 25 de Febrero de 2022 en <https://www.min-cit.gov.co/getattachment/c957c5b4-4f22-4a75-be4d-73e7b64e4736/17-10-2018-Uso-Eficiente-de-Recursos-Agua-y-Energi.aspx>.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2022). *Toneladas de residuos sólidos que ingresan al sitio de disposición final - Resolución SSPD N° 20174000237705 de 2017*. Consultado el 06 de Marzo de 2022 en <http://www.sui.gov.co/web/aseo/reportes/tecnico-operativos/toneladas-de-residuos-solidos-que-ingresan-al-sitio-de-disposicion-final-resolucion-sspd-n-20174000237705-de-2017>.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2022). *Toneladas ECAS - Resolución SSPD N° 20184300130165 de 2018*. Consultado el 06 de Marzo de 2022 en <http://www.sui.gov.co/web/aseo/reportes/tecnico-operativos/toneladas-ecas-resolucion-sspd-n-20184300130165-de-2018>.



- Tchobanoglous, G., Theisen, H., and Vigil, S. A. (1994). *Gestión Integral de Residuos Sólidos* (Vol. 1). McGRAW-HILL/INTERAMERICANA ESPAÑA S.A., Madrid, pp. 3.

## Sobre los autores

- **Joan Alexander Altamirano Campos:** Estudiante de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Javeriana Cali. [alexander33361@javerianacali.edu.co](mailto:alexander33361@javerianacali.edu.co)
- **Chabely Tatiana Potosí Chacón:** Estudiante de Ingeniería Civil y Matemáticas Aplicadas de la Pontificia Universidad Javeriana Cali. [chabelypotosi@javerianacali.edu.co](mailto:chabelypotosi@javerianacali.edu.co)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2022 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

