

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD  
AMBIENTAL URBANA EN BUCARAMANGA FRENTE A INDICADORES DE  
MODELOS DE DESARROLLO AMBIENTAL URBANO SOSTENIBLE A NIVEL  
INTERNACIONAL**

**EDNA LIZETH ARDILA MONTILLA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2017**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD  
AMBIENTAL URBANA EN BUCARAMANGA FRENTE A INDICADORES DE  
MODELOS DE DESARROLLO AMBIENTAL URBANO SOSTENIBLE A NIVEL  
INTERNACIONAL**

**EDNA LIZETH ARDILA MONTILLA**

**Proyecto de grado para optar al título de Ingeniera Civil**

**DIRECTOR**

**ALVARO EFREN DIAZ SEDANO**

**M.Sc. en Administración de Empresas**

**COORDIRECTOR**

**TADEU F. MALHEIROS**

**PhD. en Indicadores de Sostenibilidad**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2017**

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios por iluminarme en cada paso y darme las mejores bendiciones.*

*A mis padres Dina Montilla y Cesar Ardila que han apoyado con mucho esfuerzo cada uno de mis proyectos y siempre han creído en mí.*

*A mis hermanos Stefy Ardila y Cesitar Ardila por ser la fuerza que mueve y me inspira cada día.*

*A la Universidad Industrial de Santander por la formación adquirida durante todos los años de mi carrera profesional.*

*A la Universidad de São Paulo por el acogimiento y apoyo durante la elaboración de mi proyecto de grado .*

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	17
1. MARCO TEÓRICO	18
1.1 SOSTENIBILIDAD Y DESARROLLO SOSTENIBLE	18
1.1.1 Objetivos del desarrollo sostenible	20
1.2 CIUDADES SOSTENIBLES	21
1.3 INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL URBANA	24
1.3.1 Modelos de internacionales indicadores de sostenibilidad urbana	25
1.3.1.1 China Urban Sustainability Index	25
1.3.1.2 City Blueprints	26
1.3.1.3 EEA Urban Metabolism Framework	26
1.3.1.4 European Green Capital Award	26
1.3.1.5 The Green City Index	27
1.3.1.6 Indicators for Sustainability	27
1.3.1.7 Urban Ecosystem Europe	27
1.3.1.8 Programa Cidades Sustentáveis	27
1.3.2 Indicadores de calidad ambiental urbana	28
2. METODOLOGÍA	29
2.1 ELECCIÓN DE LOS CRITERIOS A SER EVALUADOS PARA CREAR EL ÍNDICE TOTAL	29

2.1.1 Suelo	30
2.1.1.1 Superficie verde urbana por habitante:	30
2.1.1.2 Densidad demográfica:	30
2.1.2 Aire	31
2.1.2.1 Nivel de dióxido de nitrógeno	31
2.1.2.2 Nivel de dióxido de sulfuro:	31
2.1.2.3 Concentración de PM10:	31
2.1.3 Agua	32
2.1.3.1 Consumo residencial de agua por habitante:	32
2.1.3.2 Acceso a agua potable:	32
2.1.3.3 Fugas de agua en la red de abastecimiento:	32
2.1.4 Residuos solidos	32
2.1.4.1 Cantidad de residuos sólidos por habitante dispuestos en relleno sanitario:	33
2.1.4.2 Porcentaje de residuos sólidos aprovechados	33
2.1.5 Energía	33
2.1.5.1 Consumo residencial de energía por habitante:	34
2.2 ASPECTOS DE CARACTERIZACIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO	34
2.2.1 Área	34
2.2.2 Altitud	34
2.2.3 Población	34
2.2.4 Densidad demográfica	34
2.2.5 Producto interno bruto per cápita (PIB per cápita):	34

2.2.6 Coeficiente Gini	35
2.2.7 Índice de desarrollo humano (HDI):	35
2.3 CARACTERIZACIÓN DE BUCARAMANGA	35
2.4 OBTENCIÓN DE DATOS DE BUCARAMANGA	36
2.5 ELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN LAS CIUDADES	37
2.5.1 Ciudades Nacionales	38
2.5.2 Ciudades Brasileiras	38
2.5.3 Ciudades Latinoamericanas	39
2.5.4 Ciudades Europeas	40
2.5.5 Ciudades Norteamericanas	40
2.5.6 Ciudades Asiáticas	41
2.5.7 Ciudades Africanas	42
2.6 OBTENCIÓN DE DATOS DE LAS CIUDADES	43
2.6.1 Ciudades nacionales	43
2.6.2 Ciudades brasileiras	44
2.6.3 Ciudades latinoamericanas	44
2.6.4 Ciudades Europeas	45
2.6.5 Ciudades Norteamericanas	45
2.6.6 Ciudades Asiáticas	46
2.6.7 Ciudades Africanas	46
2.7 ANÁLISIS DE DATOS	47
2.7.1 Anulación de los datos atípicos	47
2.7.2 Análisis y graficas	47

2.7.2.1 Suelo	47
2.7.2.2 Aire	49
2.7.2.3 Agua	52
2.7.2.4 Residuos solidos	55
2.7.2.5 Energía	57
2.8 EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD PARA CADA INDICADOR	59
2.8.1 Suelo	59
2.8.1.1 Superficie verde urbana por habitante:	59
2.8.1.2 Densidad demográfica:	61
2.8.2 Aire	61
2.8.2.1 Nivel de dióxido de nitrógeno	61
2.8.2.2 Nivel de dióxido de sulfuro:	62
2.8.2.3 Concentración de PM10:	63
2.8.3 Agua	64
2.8.3.1 Consumo residencial de agua por habitante:	64
2.8.3.2 Acceso a agua potable:	65
2.8.3.3 Fugas de agua en la red de abastecimiento:	66
2.8.4 Residuos Solidos	67
2.8.4.1 Cantidad de residuos sólidos por habitante dispuestos en relleno sanitario:	67
2.8.4.2 Porcentaje de residuos sólidos aprovechados:	68
2.8.5 Energia	69
2.8.5.1 Consumo residencial de energía por habitante:	69

2.9 CONSTRUCCIÓN DEL ÍNDICE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL URBANA	70
2.9.1 Puntaje para cada indicador	70
2.9.2 Puntaje total para cada ciudad	71
2.10 EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD DEL ÍNDICE TOTAL	73
3. RESULTADOS	75
3.1 RESULTADO POR CATEGORÍAS	75
3.1.1 Suelo	75
3.1.2 Aire	77
3.1.3 Agua	78
3.1.4 Residuos solidos	80
3.1.5 Energía	81
3.2 RESULTADO GENERAL	83
4. CONCLUSIONES	84
5. RECOMENDACIONES	85
BIBLIOGRAFIA	87

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Dimensiones de la Sostenibilidad. ....	19
Figura 2. Categoría Suelo. ....	30
Figura 3. Categoría Aire. ....	31
Figura 4. Categoría Agua. ....	32
Figura 5. Categoría Residuos Sólidos. ....	33
Figura 6. Categoría Energía. ....	33
Figura 7. Superficie Verde por Habitante por Ciudades. ....	48
Figura 8. Densidad Demográfica por Ciudades. ....	49
Figura 9. Nivel de Dióxido de Nitrógeno por Ciudades. ....	50
Figura 10. Nivel de Dióxido de Sulfuro por Ciudades. ....	51
Figura 11. Concentración de PM10 por Ciudades. ....	52
Figura 12. Consumo Residencial de Agua por Habitante por Ciudades. ....	53
Figura 13. Acceso a Agua Potable por Ciudades. ....	54
Figura 14. Figura. Fugas de Agua en la Red de Abastecimiento por Ciudades. ...	55
Figura 15. Cantidad de Residuos Sólidos por Habitante Dispuestos en el Relleno Sanitario por Ciudades. ....	56
Figura 16. Porcentaje de Residuos Sólidos Aprovechados por Ciudades. ....	57
Figura 17. Consumo Residencial de Energía por Habitante por Ciudades. ....	58
Figura 18. Evaluación de Sostenibilidad de Superficie Verde por Habitante. ....	60
Figura 19. Evaluación de Sostenibilidad de Densidad Demográfica. ....	61
Figura 20. Evaluación de Sostenibilidad de Nivel de Dióxido de Nitrógeno. ....	62
Figura 21. Evaluación de Sostenibilidad de Nivel de Dióxido de Sulfuro. ....	63
Figura 22. Evaluación de Sostenibilidad de Concentración de PM10. ....	64
Figura 23. Evaluación de Sostenibilidad de Consumo Residencial de Agua por Habitante. ....	65

Figura 24. Evaluación de Sostenibilidad de Acceso a Agua Potable .....	66
Figura 25. Evaluación de Sostenibilidad de Fugas en la Red de Distribución .....	67
Figura 26. Evaluación de Sostenibilidad de Cantidad de residuos sólidos dispuestos en el relleno sanitario.....	68
Figura 27. Evaluación de Sostenibilidad de Porcentaje de Residuos Sólidos Aprovechados .....	69
Figura 28. Consumo Residencial de Energía por Habitante .....	70
Figura 29. Evaluación de Sostenibilidad del Índice Total .....	74

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Área de Actuación de Los Indicadores de Sostenibilidad Ambiental .....	25
Tabla 2. Perfil de Caracterización de Bucaramanga .....	35
Tabla 3. Indicadores obtenidos de Bucaramanga.....	36
Tabla 4. Perfil de Caracterización de Ciudades Nacionales .....	38
Tabla 5. Perfil de Caracterización de Ciudades Brasileñas. ....	39
Tabla 6. Perfil de Caracterización de Ciudades Latinoamericanas.....	39
Tabla 7. Perfil de Caracterización de Ciudades Europeas.....	40
Tabla 8. Perfil de Caracterización de Ciudades Norteamericanas.....	41
Tabla 9. Perfil de Caracterización de Ciudades Asiáticas.....	41
Tabla 10. Perfil de Caracterización de Ciudades Africanas. ....	42
Tabla 12. Indicadores Obtenidos de Ciudades Brasileñas .....	44
Tabla 13. Indicadores Obtenidos de Ciudades Latinoamericanas.....	44
Tabla 14. Indicadores Obtenidos de Ciudades Europeas.....	45
Tabla 15. Indicadores Obtenidos de Ciudades Norteamericanas .....	45
Tabla 16. Indicadores Obtenidos de Ciudades Asiáticas.....	46
Tabla 17. Indicadores Obtenidos de Ciudades Africanas .....	46
Tabla 18. Análisis del Indicador Superficie Verde por Habitante .....	48
Tabla 19. Análisis del Indicador Densidad Demográfica.....	49
Tabla 20. Análisis del Indicador Nivel de Dióxido de Nitrógeno.....	50
Tabla 21. Análisis del Indicador Nivel de Dióxido de Sulfuro. ....	51
Tabla 22. Análisis del Indicador Concentración de PM10.....	52
Tabla 23. Análisis del Indicador Consumo Residencial de Agua por Habitante.....	53
Tabla 24. Análisis del Indicador Acceso a Agua Potable. ....	54
Tabla 25. Análisis del Indicador Fugas de Agua en la Red de Abastecimiento. ....	55

Tabla 26. Análisis del Indicador Cantidad de Residuos Sólidos por Habitante Dispuestos en el Relleno Sanitario. ....	56
Tabla 27. Análisis del Indicador Porcentaje de Residuos Sólidos Aprovechados..	57
Tabla 28. Análisis del Indicador Consumo Residencial de Energía por Habitante.	58
Tabla 29. Estimación General del índice de Sostenibilidad Ambiental Urbana .....	72
Tabla 30 Evaluación del Índice de Sostenibilidad Ambiental Urbana para las Ciudades Analizadas .....	73
Tabla 31. Resultado de Evaluación para la Categoría de Suelo.....	76
Tabla 32. Resultado de Evaluación para la Categoría de Aire.....	77
Tabla 33. Resultado de Evaluación para la Categoría de Agua.....	79
Tabla 34 Resultado de Evaluación para la Categoría de Residuos Sólidos .....	80
Tabla 35. Resultado de Evaluación para la Categoría de Energía .....	82
Tabla 36. Resultado de Evaluación General.....	83

## RESUMEN

**TITULO:** ANÁLISIS COMPARATIVO DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL URBANA EN BUCARAMANGA FRENTE A INDICADORES DE MODELOS DE DESARROLLO AMBIENTAL URBANO SOSTENIBLE A NIVEL INTERNACIONAL\*

**AUTORA:** EDNA LIZETH ARDILA MONTILLA\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Ciudades Sostenibles; Sostenibilidad Ambiental Urbana; Indicadores de Sostenibilidad Ambiental Urbana; Calidad ambiental urbana.

Las ciudades son los mayores centros de convivencia entre seres humanos y medio ambiente que existen en el planeta, lastimosamente al mismo tiempo, son los mayores generadores de impactos ambientales negativos al planeta. A mediados del siglo pasado se comenzó a propagar una gran preocupación a nivel global a partir de datos y resultados muy desfavorables para el entorno con respecto al efecto antrópico y al crecimiento de las ciudades, como se ve reflejado en el informe de Brundtland en 1987. Desde entonces se plantea el propósito de generar ciudades sostenibles, en especial ambientalmente. Para encontrar la sostenibilidad en una ciudad el primer paso es realizar un diagnóstico del estado ambiental que tenga la ciudad, esto se realiza a partir de indicadores de calidad ambiental. El segundo paso es comparar cómo se encuentra ambientalmente la ciudad estudiada con respecto a un panorama global, comparando con otros entornos. Este documento presenta la metodología empleada para realizar comparación de indicadores de sostenibilidad ambiental urbana de la ciudad de Bucaramanga con respecto a ciudades del país, del continente y del mundo con el objetivo de posicionar a la ciudad dentro de un panorama de sostenibilidad ambiental urbana. El estudio se realiza a partir del análisis de indicadores de calidad ambiental urbana relacionados con un indicador socioeconómico llamado coeficiente Gini. Como resultado se obtuvo una posición favorable de la ciudad de Bucaramanga en el aspecto ambiental, sin embargo, un bajo desempeño en la categoría de residuos sólidos.

---

\* Proyecto de grado

\*\* Facultad de Ingenierías físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería civil Director: Alvaro Efrén Díaz Sedano  
Coodirector Tadeu f. Malheiros

## ABSTRACT

**TITLE:** COMPARATIVE ANALYSIS OF INDICATORS OF URBAN ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY IN BUCARAMANGA IN RESPECT OF MODEL INDICATORS OF SUSTAINABLE URBAN ENVIRONMENTAL DEVELOPMENT MODELS AT INTERNATIONAL LEVEL \*

**AUTHOR:** EDNA LIZETH ARDILA MONTILLA\*\*

**KEY WORDS:** Sustainable Cities; Urban Environmental Sustainability; Indicators of Urban Environmental Sustainability; Urban environmental quality..

Cities are the greatest centers of coexistence between human beings and the environment in the planet, sadly at the same time, are the greatest generators of negative environmental impacts to the planet. In the middle of the last century, a great concern began to spread at the global level on the basis of data and results very unfavorable to the environment with respect to the anthropic effect and to the growth of cities, as reflected in the Brundtland report in 1987. Since then, the aim is to generate sustainable cities, especially in the environment. To find sustainability in a city, the first step is to make a diagnosis of the environmental state that the city has, this is done from environmental quality indicators. The second step is to compare how the studied city is environmentally related to a global panorama, comparing with other environments, with other cities. This paper presents the methodology used to compare indicators of urban environmental sustainability of the city of Bucaramanga with respect to cities in the country, the continent and the world, with the aim of positioning the city within a panorama of urban environmental sustainability. The study is based on the analysis of urban environmental quality indicators with a socioeconomic indicator called the Gini coefficient. As a result, a favorable position was obtained from the city of Bucaramanga in the environmental aspect, however, a low performance in the solid waste category.

---

\* Project of grade

\*\* Faculty of Physical-Mechanical Engineering School of Civil Engineering Director: Alvaro Efen Diaz Sedano  
Coodirector Tadeu f. Malheiros

## INTRODUCCIÓN

Las ciudades son los mayores centros de convivencia entre seres humanos y medio ambiente que existen en el planeta, también , lastimosamente, son las mayores generadores de impactos negativos al planeta. A mediados del siglo pasado se comenzó a propagar una preocupación a nivel global a partir de datos y resultados muy desfavorables para el entorno con respecto al efecto antrópico y al crecimiento de las ciudades. La pregunta a resolver , como podemos mitigar de la mayor manera posible el perjuicio que le causamos a la biosfera donde vivimos?

La cuestión se resuelve por medio de alternativas que generen el menor impacto posible, pero para lograr implementarlas , primero se debe saber el estado en el que se encuentra la ciudad que queremos evaluar, la medición se logra por medio de indicadores. Posteriormente, la manera para saber si el estado es adecuado o inadecuado es ubicando la ciudad en un cuadro global, es decir, comparando.

Este documento presenta la metodología empleada para realizar comparación de indicadores de sostenibilidad ambiental urbana de la ciudad de Bucaramanga con respecto a ciudades del país, del continente y del mundo entero con el objetivo de posicionar a la ciudad dentro de un panorama de sostenibilidad ambiental urbana.

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 SOSTENIBILIDAD Y DESARROLLO SOSTENIBLE

En el año 1987, se popularizó el concepto de desarrollo sostenible, mediante el Informe Brundtland, donde se expone de manera oficial la gran preocupación por los grandes costos medioambientales que son consecuencia del avance en el desarrollo económico y social del planeta. El desarrollo sostenible es definido como aquel que *satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones*<sup>1</sup>. Consiste en la modificación de la biosfera y en la aplicación de recursos para atender las necesidades humanas y aumentar la calidad de vida, considerando los factores social, ecológico y económico, dentro de las perspectivas de corto, medio y largo plazo<sup>2</sup>.

El desarrollo sostenible es el medio para llegar a la sostenibilidad. La sostenibilidad es un proceso socio-ecológico caracterizado por un comportamiento en busca de un ideal común,<sup>3</sup> se refiere al equilibrio que existe en una comunidad basándose en su entorno y todos los factores o recursos que tiene para hacer posible el funcionamiento de todas sus partes, sin necesidad de dañar o sacrificar las capacidades del mismo u otro entorno, es decir, se entiende como la exploración racional y equilibrada de los recursos naturales en el desarrollo de cualquier actividad.

---

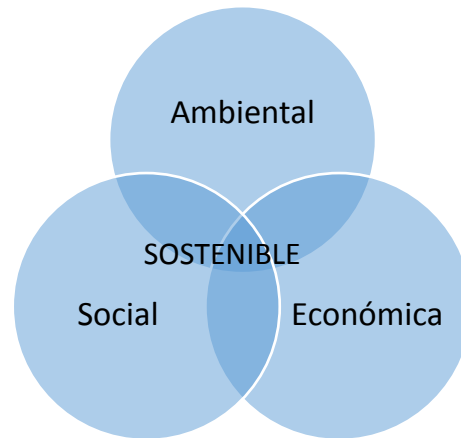
<sup>1</sup> World COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, más conocido como Informe Brundtland, 1987

<sup>2</sup> BOSSEL, H. Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications: A Report to the Balaton Group. Winnipeg: IISD, 1999.

<sup>3</sup> WANDEMBERG, JC (Agosto de 2015). *Sostenible por Diseño*. Amazon. p. 120. ISBN 1517062357. Consultado el 16 de febrero de 2016.

El concepto de sostenibilidad acarrea tres puntos de vista o dimensiones: económica, social y ambiental.

**Figura 1. Dimensiones de la Sostenibilidad.**



La dimensión económica es la capacidad de una organización de generar riquezas teniendo un proceso eficiente, efectivo y auto soportable. La dimensión social se logra cuando los beneficios de una sociedad son distribuidos de manera equitativa e incluyente y se brinda a los habitantes una calidad de vida óptima. Por último, la dimensión ambiental, se refiere a la capacidad de aprovechar los recursos naturales de manera responsable manteniendo su estado en el tiempo, es decir, su volumen y tasas de cambio. Es importante atender a tres diferentes políticas para alcanzar la sostenibilidad ambiental: una tasa sobre la destrucción de capital natural con el fin de reducir o eliminar la destrucción del mismo, la aplicación del principio contaminador pagador aplicado a productos contaminadores de tal forma que incentive a los productores a mejorar el entorno y, por último, un sistema de aranceles ecológicos que permita a los países aplicar las dos políticas anteriores sin forzar a sus productores a moverse a otros lugares con el fin de mantener la competitividad (COSTANZA, 1994, pp. 392-407) se aprecia como la interacción del ambiente: la calidad del ambiente y las amenazas externas. Es en esta última dimensión que se basa este trabajo de grado.

**1.1.1 Objetivos del desarrollo sostenible** La instauración de la sostenibilidad como criterio fundamental en el impulso de crecimiento de las naciones se empieza a consolidar a partir del encuentro de la Organización de las Naciones Unidas ONU realizado en el año 2000, donde se plantearon una serie de objetivos para implantar la conciencia del desarrollo sostenible como método de operación en las acciones de los países involucrados, fueron denominados OBJETIVOS DEL MILENIO (ODM). Estos objetivos se fundamentan en la premisa de que los entornos sean propicios en las diferentes dimensiones crecimiento económico, inclusión social y protección del medio ambiente.

En este encuentro se plantearon ocho objetivos, dentro de los cuales, se encuentra el objetivo 7 : Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente, propuesto a partir de las diferentes evidencias del daño generado al medio ambiente y las negativas proyecciones de estado ambiental.<sup>4</sup>

Posteriormente, en 2015 se hace una revisión y evaluación de los objetivos establecidos, sin embargo el resultado no es del todo satisfactorio, pues a pesar de los múltiples avances en los diferentes objetivos, incluso en el objetivo 7 como la casi completa disminución de sustancias nocivas para la capa de ozono y se espera la recuperación de la misma a mitad de siglo, aun se perciben cifras alarmantes en las mediciones ambientales realizadas, por ejemplo, el aumento del 50% de emisiones de dióxido de carbono con respecto a 1990.

Entonces se reorganizan los objetivos del milenio surgiendo los Objetivos De Desarrollo Sostenible, un acuerdo con 17 objetivos que cubren los diferentes desafíos a los que se enfrenta las naciones, pretende abordar las causas de los problemas, y no solo las consecuencias. Además son una serie de objetivos que están dirigidos a todos los países, no solo a los países “desarrollados”.

---

<sup>4</sup> UN Millenium goals [en línea] [Consultado el día 14 de marzo de 2016] disponible en: <http://www.un.org/es/millenniumgoals/>

Dentro de estos objetivos se promueve la sostenibilidad ambiental en las ciudades directamente con los objetivos 6, 7 y 11. Este objetivo lleva implícito el carácter de asumir las proyecciones de ciudades con la conciencia de la sostenibilidad.

## **1.2 CIUDADES SOSTENIBLES**

Para que una ciudad sea considerada sostenible debe cumplir una serie de características de funcionamiento e unificación necesarias. La ciudad sostenible es una ciudad justa, donde la justicia, los alimentos, el cobijo, la educación, la sanidad y las posibilidades se distribuyan debidamente y donde todos sus habitantes se sientan partícipes de su gobierno; una ciudad bella, donde el arte, la arquitectura y el paisaje fomenten la imaginación y remuevan el espíritu; una ciudad creativa, donde la amplitud de miras y la experimentación movilicen todo el potencial de sus recursos humanos y permita una más rápida capacidad de respuesta ante los cambios; Una ciudad ecológica, que minimice su impacto ecológico, donde la relación entre espacio construido y paisaje sea equilibrada y donde las infraestructuras utilicen los recursos de manera segura y eficiente; Una ciudad que favorezca el contacto, donde el espacio público induzca a la vida comunitaria y a la movilidad de sus habitantes y donde la información se intercambie tanto de manera personal como informativamente; una ciudad compacta y policéntrica, que proteja el campo de alrededor, centre e integre a las comunidades en el seno de vecindarios y optimice su proximidad; una ciudad diversa, en la cual el grado de diversidad de actividades solapadas anime, inspire y promueva una comunidad humana vital y dinámica.<sup>5</sup>

A partir de este concepto, una ciudad sostenible es aquella que sea capaz de solventar sus requerimientos ambientales, económicos y sociales, de una manera perspicaz e integradora gestionando sus recursos eficientemente con el objetivo

---

<sup>5</sup> ROGERSEN Richard “Cities for a small planet”

de brindar el mejor hábitat para sus ciudadanos. Esta ciudad debe ser capaz de gestionarse a sí misma creando el menor impacto ambiental negativo posible, generando una ciudad compatible con las características impolutas del planeta.

En Colombia, el concepto de “ciudad sostenible” es la base y la orientación de la concepción de la política de gestión ambiental urbana. El ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial plantea la ciudad sostenible como aquella que integra la dimensión ambiental, combina el desarrollo económico, la elevación de la calidad de vida y el desarrollo social de su población, sin agotar la base de los recursos naturales renovables en que se sostiene, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades.<sup>6</sup>

Aunque en el país, la constitución promueve la gestión ambiental en la ley 99 de 1993, con la creación del sistema nacional ambiental (SINA) , y la gestión ambiental de perímetros urbanos con la ley 768 de 2002, es hasta el año 2008 que se desarrolla una política de gestión ambiental, que tiene como objetivo principal “establecer directrices para el manejo sostenible de las áreas urbanas, definiendo su papel y alcance e identificando recursos e instrumentos de los diferentes actores involucrados, de acuerdo a sus competencias y funciones, con el fin de armonizar la gestión, las políticas sectoriales y fortalecer los espacios de coordinación interinstitucional y de participación ciudadana, para contribuir a la sostenibilidad ambiental urbana y a la calidad de vida de los pobladores reconociendo la diversidad regional y los tipos de áreas urbanas en Colombia”.<sup>7</sup>

---

<sup>6</sup>COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL Política de Gestión ambiental Urbana. Bogotá, D.C. Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2008 Política de gestión ambiental urbana, ministerio de ambiente,

<sup>7</sup> MAVDT- Política de Gestión Ambiental Urbana de colombia

## 1.2 SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL URBANA

La ciudad es vista como una unidad ambiental donde todos los componentes y procesos del ambiente son interrelacionados e interdependientes, de manera que una modificación en uno de ellos resultará en alteraciones en otros<sup>8</sup>. Resaltando que una ciudad sostenible puede solamente ser aquella para la cual la afluencia de material y energía recursos naturales y la eliminación de desechos, no excede la capacidad de los alrededores de la ciudad. En otras palabras, para lograr la sostenibilidad ambiental en un casco urbano, el consumo debe coincidir o estar por debajo de lo que el medio ambiente, como los bosques, el suelo y los océanos, proporcionan, y los contaminantes resultantes no deben abrumar la capacidad del medio ambiente para proporcionar recursos a los seres humanos y otros miembros del ecosistema.<sup>9</sup>

En definitiva la sostenibilidad ambiental urbana es el desarrollo de los elementos del entorno y su medición dentro de un casco urbano con el atendimento de manera prioritaria al manejo de los recursos naturales, la mitigación de gases efecto invernadero y otras formas de contaminación. También debe atender la mitigación y adaptación a los efectos de cambio climático. En este contexto, la sostenibilidad ambiental urbana, derivada de la noción de desarrollo sostenible y aplicado al escenario urbano, tiene como ejes fundamentales la búsqueda de la capacidad de autorregulación y de relaciones de la ciudad con el entorno que garanticen el futuro<sup>10</sup>.

---

<sup>8</sup> BORJA, P. C. Avaliação da Qualidade Ambiental Urbana: Uma Contribuição Metodológica. 1997. 200 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal da Bahia. Salvador, 1997.

<sup>9</sup> KENNEDY et al. (2007)

<sup>10</sup> CASTRO BONAÑO, Marcos Indicadores de desarrollo sostenible urbano. Una aplicación para Andalucía. Tesis doctoral, Universidad de Málaga, España. 2002 Disponible en la World Wide Web: <http://www.eumed.net/tesis/jmc/ficha.htm>.

### 1.3 INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL URBANA

Para medir los fenómenos que se quieren estudiar es necesario tener indicadores. Los indicadores son estadísticas que medidas a lo largo del tiempo y en determinado espacio brindan información sobre comportamientos del fenómeno abordado<sup>11</sup>. Estos se seleccionan para proporcionar datos sobre el funcionamiento de un sistema específico. Un indicador cuantifica y agrega datos que pueden ser medidos y monitoreados para determinar si se está produciendo un cambio para ello se debe tener en cuenta su escala temporal para notar una evolución.

Los indicadores de sostenibilidad ambiental urbana son herramientas que permiten a los urbanistas, gestores de ciudades y responsables políticos medir el impacto ambiental de, por ejemplo, los diseños urbanos actuales, las infraestructuras, las políticas, los sistemas de eliminación de residuos, la contaminación y el acceso a los servicios por parte de los ciudadanos.<sup>12</sup> Permiten el diagnóstico de problemas y presiones y, por lo tanto, la identificación de áreas que podrían beneficiarse de ser abordadas a través de la buena gobernanza y las respuestas científicas. También permiten a las ciudades monitorear el éxito y el impacto de las intervenciones de sostenibilidad.

Un indicador de sostenibilidad ambiental puede tener diferentes áreas de actuación y análisis, son categorizados como se muestra en la tabla 1.

---

<sup>11</sup> ROMERO, M.; ANDRADE, L.; GUIA, G.; SILVEIRA, A. L; MORAIS, V. Construído um sistema de indicadores de sustentabilidade intraurbana. Salvador, Ba. 2005. XI Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional – ANPUR. Salvador, Ba. 2005. Artigo Técnico.

<sup>12</sup> Indicators for Sustainable Cities

**Tabla 1. Área de Actuación de Los Indicadores de Sostenibilidad Ambiental**

Análisis de estado	Los indicadores son elaborados a partir de datos de monitoreamiento específico. Para cada evaluación se identifica el estado actual de determinados aspectos ambientales.
Análisis de desempeño	Los indicadores ayudan a evaluar el desempeño o concretización, si una base de comparación estuviera claramente identificada.
Análisis de límites	Los límites constituyen una base importante para la evaluación. En general, sobrepasar un límite de sostenibilidad bien definido deberá enviar un mensaje obvio a los políticos y a la sociedad.
Análisis de funcionamiento	Los indicadores ayudan a analizar el funcionamiento de los sistemas ambientales con base en datos históricos.
Análisis de causas	Los indicadores son importantes para apoyar la investigación de las causas como las interconexiones entre las presiones y las condiciones ambientales.
Análisis de escenarios	Los indicadores proporcionan datos reales y ayudan a proyectar modelos y posibles escenarios futuros.

Fuente: adaptado de INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL URBANA -ISAU-UFBA/SEI: POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES A PARTIR DE SUA APLICAÇÃO PARA A CIDADE DO SALVADOR – BA

El presente estudio se basa en el análisis de estado de los indicadores ambientales investigados.

### **1.3.1 Modelos de internacionales indicadores de sostenibilidad urbana**

Alrededor del mundo se han diseñado diferentes modelos para medir la sostenibilidad de las áreas urbanas, estos modelos son planteados según la importancia de los aspectos que se quieren evaluar y la disponibilidad de datos. A continuación se mencionan algunos modelos reconocidos a nivel internacional.

**1.3.1.1 China Urban Sustainability Index** Este modelo fue implementado en 2011 por la organización Urban China Initiative para reportar las sostenibilidad de

200 ciudades chinas. Este estudio hizo énfasis en la dimensión ambiental y social de las ciudades, evaluándolas en cinco categorías: necesidades básicas, eficiencia de recursos, limpieza del medio ambiente, ambiente construido y compromiso ambiental. Cada categoría fue examinada para cada ciudad con estimativas de tendencia y posteriormente se realizó comparación entre las ciudades.

**1.3.1.2 City Blueprints** Es una herramienta elaborada por el Acueducto de Ámsterdam y KWR Water Cycle Research Institute para hacer una inspección del estado de sostenibilidad del agua en la ciudad. Se plantea un indicador que califica de 0 a 10 diferentes características como calidad del agua, potabilidad, huella ecológica, infraestructura de redes, polución, biodiversidad y gobernanza.

**1.3.1.3 EEA Urban Metabolism Framework** En 2010, la Agencia Ambiental Europea (EEA) generó un reporte donde se hizo revisión del metabolismo del ecosistema urbano por medio de 15 diferentes indicadores, dióxido de carbono por persona a causa de energía, eficiencia de transporte, uso de energía residencial, generación de residuos sólidos, reciclaje, uso de suelo, espacios verdes, tasa de desempleo, concentraciones de dióxido de nitrógeno en el aire, número de carros registrados, PIB entre otros.

**1.3.1.4 European Green Capital Award** Es un galardón que premia anualmente a una ciudad europea por sus prácticas ambientales. Como requisito las ciudades deben tener como mínimo 100.000 habitantes. Las ciudades son evaluadas dentro de 9 categorías de sostenibilidad ambiental urbana enfocándose en gestión de residuos, administración del suelo y uso de energía. Dentro de las categorías se encuentran mitigación y adaptación del cambio climático, transporte local, áreas verdes, naturaleza y biodiversidad, calidad del aire, residuos sólidos, agua, saneamiento, eco-innovación, energía y gerencia ambiental.

**1.3.1.5 The Green City Index** El índice de ciudad verde es una evaluación de sostenibilidad ambiental por medio de indicadores comparativos desarrollada por la compañía Siemens. Se aplicó a varias ciudades en Europa, Asia, África, Norteamérica, Sudamérica y Alemania. Tiene un énfasis especial en evaluar la generación de energía y la producción de dióxido de carbono. Evalúa ámbitos como energía, calidad del aire, calidad del agua, residuos sólidos y uso de suelo y transporte.

**1.3.1.6 Indicators for Sustainability** Es un reporte de 2012 de la organización Sustainable Cities International. Tiene una metodología interesante, ya que escoge ciudades alrededor del mundo y recolecta sus diferentes características y datos, con el objetivo de encontrar aspectos y objetivos comunes para realizar la evaluación. Este reporte evaluó las tres dimensiones de la sostenibilidad, económica, ambiental y social.

**1.3.1.7 Urban Ecosystem Europe** Es un reporte hecho por el instituto de ambiente Italia. Los indicadores fueron elegidos para reflejar el progreso de una ciudad hacia los Compromisos de Aalborg para las ciudades sostenibles. La atención se centra en la gobernanza local y la calidad de vida, pero los indicadores logran tocar casi todos los aspectos de la sostenibilidad urbana. Las ciudades evaluadas tenían un tamaño de 150 000 personas a más de 2 millones, mostrando que el conjunto de indicadores escalable tanto para grandes como para pequeñas ciudades.

**1.3.1.8 Programa Cidades Sustentáveis** Es un programa brasileiro realizado por el instituto ETHOS junto con la Rede Nossa São Paulo, que integra las administraciones de diferentes municipios del país con el fin de promover, cumplir y monitorear los objetivos del desarrollo sostenible mediante herramientas como bases de datos e interfaces gráficas dispuestas a la comunidad en general, compromisos y beneficios a las ciudades participantes. Aborda principalmente la

gestión pública, los indicadores de sostenibilidad y los casos de buenas prácticas dentro y fuera de Brasil.

**1.3.2 Indicadores de calidad ambiental urbana** La Calidad Ambiental Urbana es entendida como la interacción de un conjunto de factores humanos y ambientales interrelacionados que inciden favorable o desfavorablemente en la calidad de vida de los habitantes de una ciudad<sup>13</sup>. Los indicadores de calidad ambiental reflejan la valoración de cada uno de los componentes ambientales del desarrollo sostenible. En la mayoría de modelos enunciados anteriormente los indicadores presentados para evaluar el estado de sostenibilidad son indicadores de calidad ambiental, por eso en este análisis serán los protagonistas en el método comparativo a ser realizado.

---

<sup>13</sup> NICHOL, J. & WONG, M. Modelling urban environmental quality in a tropical city. *Landscape and Urban Planning*, 2005, No 73, p. 49-58.

## 2. METODOLOGÍA

A continuación se describe la metodología empleada para realizar el análisis comparativo de indicadores de sostenibilidad ambiental urbano. La comparación final se hará por medio de la creación de un índice total.

### 2.1 ELECCIÓN DE LOS CRITERIOS A SER EVALUADOS PARA CREAR EL ÍNDICE TOTAL

Las categorías de indicadores son las dimensiones que se pretenden medir. Son agrupaciones de indicadores que contribuyen a medir un mismo propósito. Existen varias categorías en una amplia bibliografía y en el manejo conceptual de entidades o académicos, tales como Indicadores de Calidad, Presión<sup>14</sup>, Estado<sup>15</sup>, Resultado<sup>16</sup>, Impacto, Gestión, entre otras. En este estudio se eligen los indicadores de estado. La selección de los indicadores analizados en la comparación se hace siguiendo los siguientes requisitos:

- Relevancia en la estimación de índices de sostenibilidad ambiental urbana.
- Disponibilidad de la información referentes los indicadores del Área Metropolitana de Bucaramanga y de las diferentes ciudades.
- Correspondencia con los indicadores encontrados en las diferentes ciudades a ser estudiadas.

---

<sup>14</sup> Según el Sistema de Planificación y Seguimiento Ambiental, Sipsa, del DNP, mide las causas del fenómeno a estudiar.

<sup>15</sup> Igualmente, en el Sipsa se encuentra la definición: Mide el comportamiento de las variables en un momento actual que permite definir un diagnóstico.

<sup>16</sup> Inmediatos, intermedios o finales (estos son lo de Impacto), provenientes de los productos. Miden el desarrollo de la Gestión Institucional, por eso se asimilan en esta Metodología, a Gestión.

Se decide trabajar con los 5 aspectos principales del estado ambiental de una ciudad considerados uso de suelo, aire, agua, residuos sólidos y energía.

**2.1.1 Suelo** La categoría de suelo refleja el uso de la tierra en cuanto a disposición ambiental como a ocupación, se presenta a lo largo del estudio con el color verde.

**Figura 2. Categoría Suelo.**



Fuente:LEED

**2.1.1.1 Superficie verde urbana por habitante:** Representa los metros cuadrados de espacios naturales y verdes en el área urbana, por habitante. Es importante ya que sirve como filtro para la polución y la emisión de sustancias contaminantes, como atenuante de ruido, agente re oxigenante del aire, como regulador térmico entre otras. *La organización mundial de la salud OMS recomienda un valor de referencia equivalente a 9 m<sup>2</sup> de áreas verdes por habitante (9 m<sup>2</sup>/hab).*<sup>17</sup>

**2.1.1.2 Densidad demográfica:** Promedio de habitantes por unidad superficial en un determinado territorio.<sup>18</sup> Es calculado como el cociente entre la población del territorio estudiado y su área.

---

<sup>17</sup> Citado en REYES y FIGUEROA, 2010

<sup>18</sup> MONKHOUSE F. J. Diccionario de términos geográficos. Barcelona: Oikos-tau ediciones, 1978, p. 137

**2.1.2 Aire** La categoría de aire pretende encontrar el estado en que se encuentra la calidad del aire en las diferentes ciudades, se presenta a lo largo del estudio con el color rojo.

**Figura 3. Categoría Aire**



Fuente: LEED

**2.1.2.1 Nivel de dióxido de nitrógeno:** El dióxido de nitrógeno se forma como subproducto de la combustión a altas temperaturas como en los vehículos motorizados o los procesos industriales. Es un gas tóxico, perjudicial y genera la formación de material particulado en el aire, además de traer grandes problemas para la salud pública en especial para el sistema respiratorio.

**2.1.2.2 Nivel de dióxido de sulfuro:** En las áreas urbanas, el dióxido de nitrógeno se genera por el consumo de varios derivados del petróleo. Esta sustancia es crítica ya que es el principal componente de la lluvia ácida. Sus altas concentraciones generan problemas a la salud, principalmente a las mucosas y pulmones.

**2.1.2.3 Concentración de PM10:** particulate matter, son partículas dispersas en la atmósfera y cuyo diámetro varía entre 2,5 y 10  $\mu\text{m}$  (1 micrómetro corresponde a la milésima parte de 1 milímetro). En el entorno urbano son generadas por combustión en automóviles, actividades industriales, construcción y suspensión del polvo.

**2.1.3 Agua** La categoría de agua evalúa el consumo y la utilización del recurso hídrico en las ciudades estudiadas, se presenta a lo largo del estudio con el color azul.

**Figura 4. Categoría Agua.**



Fuente: LEED

**2.1.3.1 Consumo residencial de agua por habitante:** Este indicador muestra el volumen de agua consumido a nivel residencial en la unidad espacial de referencia  $j$  (definida como el perímetro urbano), para el periodo de tiempo  $t$ . Refleja las necesidades y la conciencia de uso de los usuarios.

**2.1.3.2 Acceso a agua potable:** El abastecimiento de agua a poblaciones se encuentra directamente relacionado con la calidad de vida de la población, debiéndose considerar como un derecho humano fundamental.

**2.1.3.3 Fugas de agua en la red de abastecimiento:** Las fugas de agua potable en las redes de distribución producen desperdicio de agua, reducen la eficiencia de las redes y generan una pérdida económica y ambiental. La mejor manera de representarla es por porcentaje.

**2.1.4 Residuos sólidos** La categoría de residuos sólidos mide la producción y disposición de los residuos sólidos desde la perspectiva doméstica en las ciudades estudiadas, se presenta a lo largo del estudio con el color amarillo.

### Figura 5. Categoría Residuos Sólidos.



Fuente: LEED

**2.1.4.1 Cantidad de residuos sólidos por habitante dispuestos en relleno sanitario:** La cantidad de residuos sólidos por habitante dispuestos adecuadamente es el valor que representa la cantidad (masa) de residuos recolectados y dispuestos en relleno sanitario, planta integral y celda de contingencia, en una unidad espacial de referencia , durante el periodo de tiempo.

**2.1.4.2 Porcentaje de residuos sólidos aprovechados:** Residuos sólidos que están siendo aprovechados (incluyendo todo tipo de aprovechamiento) respecto a la totalidad de los residuos generados.

**2.1.5 Energía** La categoría de energía evalúa el consumo de energía a nivel domiciliario en las ciudades estudiadas, se presenta a lo largo del estudio con el color naranja.

### Figura 6. Categoría Energía.



Fuente: LEED

**2.1.5.1 Consumo residencial de energía por habitante:** El indicador muestra la cantidad de energía que utiliza la población para satisfacer sus actividades domésticas dentro de las áreas urbanas. Tiene en cuenta las fuentes de energía no renovables, principalmente las que generan emisiones de dióxido de carbono.

## **2.2 ASPECTOS DE CARACTERIZACIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO**

Es necesario escoger características representativas de las ciudades para entender de manera factible el contexto geográfico, social y económico en que se encuentran. Debido a esto se seleccionó los siguientes aspectos.

**2.2.1 Área:** magnitud de superficie ocupada por el casco urbano, medida en kilómetros cuadrados.

**2.2.2 Altitud:** Altura media sobre el nivel del mar en la que se encuentra la ciudad, dimensionada en metros.

**2.2.3 Población:** Cantidad de personas que habitan en la ciudad con respecto al último censo disponible.

**2.2.4 Densidad demográfica:** Habitantes por unidad de superficie dentro del perímetro urbano, medido en habitantes por kilómetro cuadrado.

**2.2.5 Producto interno bruto per cápita (PIB per cápita):** Conjunto de bienes y servicios producidos por un territorio en un rango temporal, generalmente de un año, dividido por la cantidad de habitantes que tiene el territorio. Para este estudio se emplea el dólar como moneda, con el objetivo de estandarizar los resultados. Este aspecto identifica la dimensión económica.

**2.2.6 Coeficiente Gini:** Creado por el matemático italiano Corrado Gini. Se utiliza para medir la desigualdad en los ingresos, dentro de un país, pero puede utilizarse para medir cualquier forma de distribución desigual. El coeficiente de Gini es un número entre 0 y 1, en donde 0 se corresponde con la perfecta igualdad (todos tienen los mismos ingresos) y donde el valor 1 se corresponde con la perfecta desigualdad (una persona tiene todos los ingresos y los demás ninguno). Cuando se representa de 0 a 100 se denomina índice Gini. Representa la dimensión socioeconómica.

**2.2.7 Índice de desarrollo humano (HDI):** Human development index, es un indicador del desarrollo social creado por el programa de las naciones unidas para el desarrollo PNUD. Se basa en tres parámetros vida larga y saludable, educación y nivel de vida digno. Evaluado de 0 a 1, donde 1 representa el mayor desarrollo posible. Representa la dimensión socioeconómica.

### 2.3 CARACTERIZACIÓN DE BUCARAMANGA

Bucaramanga es una ciudad colombiana, capital del departamento de Santander. Está ubicada en el nororiente del país sobre la Cordillera Oriental, una rama de la Cordillera de los Andes. Destacada por su actividad comercial y productiva, destacándose la industria del calzado. Es considerada una de las ciudades latinas con mayor proyección competitiva para el crecimiento por el Banco Mundial en 2016. La información obtenida se encuentra en la tabla 2.

**Tabla 2. Perfil de Caracterización de Bucaramanga .**

CIUDAD		BUCARAMANGA
PAÍS		<i>Colombia</i>
AREA	<i>km2</i>	162
ALTITUD	<i>msnm</i>	959
POBLACIÓN	<i>Hab</i>	521946

CIUDAD		BUCARAMANGA
PAÍS		Colombia
DENS. DEM.	Hab/km <sup>2</sup>	3221.9
PIB per cápita	USD	14292
ÍNDICE GINI	0-100	42.8
	Año	2014
HDI	País	0.72
¿La ciudad es costera?		No

La población es obtenida con respecto al censo de 2005 realizado por el DANE

## 2.4 OBTENCIÓN DE DATOS DE BUCARAMANGA

La mayoría de los datos son obtenidos por medio de los registros oficiales de la alcaldía de Bucaramanga y del reporte de índice de calidad ambiental urbana ICAU desarrollado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible de Colombia publicado en 2015. La información obtenida se encuentra en la tabla 3

**Tabla 3. Indicadores obtenidos de Bucaramanga.**

CIUDAD		BUCARAMANGA
INDICES EVALUADOS		Colombia
Densidad demográfica	hab/km <sup>2</sup>	3221.9
Superficie verde urbana por habitante	m <sup>2</sup> /hab	7.72
Porcentaje de áreas protegidas urbanas incluidas en el POT con PMA en ejecución	%	0
Espacio efectivo público por habitante	m <sup>2</sup> /hab	4.5
Porcentaje de superficie construida con criterios de sostenibilidad	%	8.37
Material particulado en el aire	µg/m <sup>3</sup>	38.1

CIUDAD		BUCARAMANGA
INDICES EVALUADOS		Colombia
PM10		
Nivel de dióxido de nitrógeno	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	23
Nivel de dióxido de sulfuro	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	4
Calidad del agua superficial	ICA	0.3
Consumo residencial de agua por habitante	L/había	196.5
Acceso a agua potable	%	97
Fugas de agua	%	21.5
Consumo residencial de energía por habitante	Kwh/hab.año	517.4
Porcentaje de residuos sólidos aprovechados	%	1.5
Cantidad de residuos sólidos por habitante dispuestos en relleno sanitario	Kg/hab.día	0.96
Población Urbana que participa en gestión ambiental	Hab/1000	40.1
Población Urbana vinculada a estrategias de educación ambiental	Hab/1000	227
Población Urbana ubicada en zonas de alta amenaza	%	28.9

## 2.5 ELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN LAS CIUDADES

Para ubicar a Bucaramanga dentro de un ámbito global fueron escogidas 32 ciudades mas para la elaboración del índice incluyen la mayoría de las principales áreas urbanas, entre las que se encuentran ciudades escogidas por su representatividad e importancia en cada una de las regiones mencionadas posteriormente. Dichas ciudades fueron seleccionadas de manera independiente con el fin de asegurar la comparabilidad del estudio. Otro factor decisivo en la selección de las ciudades fue la disponibilidad de información. Se deciden escoger

diferentes ciudades en las escalas nacional e internacional para hacer el análisis y se caracterizan con los mismos aspectos que se caracterizó Bucaramanga:

**2.5.1 Ciudades Nacionales** Se eligen las ciudades de Bogotá (Colombia) y Medellín (Colombia) ya que están catalogadas como las ciudades con mejor calidad según el índice ICAU, además de ser dos ciudades muy representativas en el país.

**Tabla 4. Perfil de Caracterización de Ciudades Nacionales**

CIUDAD		BOGOTA	MEDELLIN
PAÍS		Colombia	Colombia
ÁREA	[km2]	1775.98	1115
ALTITUD	[msnm]	2640	1465
POBLACIÓN	[hab]	7658081	3821797
DENS. DEM.	[hab/km2]	4312.03	3427.62
PIB per cápita	[USD]	17497	11466
INDICE GINI	0-100	<b>50.2</b>	<b>52.6</b>
	[Año]	2014	2014
HDI	[País]	0.72	0.72
¿La ciudad es costera?		No	No

**2.5.2 Ciudades Brasileiras** Se eligen cinco ciudades brasileiras ya que el territorio brasileiro es uno de los más grandes y distintivos del planeta, entonces resulta interesante realizar un análisis enfático de su dinamismo urbano, además porque Brasil tiene considerables desarrollos en el aspecto de control y toma de datos urbanos. Las ciudades escogidas son São Paulo, Rio De Janeiro, Belo Horizonte, Brasília y Curitiba.

**Tabla 5. Perfil de Caracterización de Ciudades Brasileñas.**

CIUDAD		SAO PAULO	RIO DE JANEIRO	BELO HORIZONTE	BRASILIA	CURITIBA
PAÍS		Brasil	Brasil	Brasil	Brasil	Brasil
ÁREA	[km <sup>2</sup> ]	1522.986	1197.463	330.95	5801.937	435.036
ALTITUD	[msnm]	760	2	852	1171	934
POBLACIÓN	[hab]	11967825	6453682	2502557	2914830	1879355
DENS. DEM.	[hab/km <sup>2</sup> ]	7858.13	5389.46	7561.74	502.39	4320.00
PIB per cápita	[USD]	20650	14176	15134	35689	16980
INDICE GINI	0-100	62.05	62.53	59.2	63.7	56.29
	[Año]	2013	2013	2013	2013	2013
HDI	[País]	0.805	0.799	0.81	0.824	0.823
¿La ciudad es costera?		No	Si	No	No	No

**2.5.3 Ciudades Latinoamericanas** Es necesario ubicar a nuestra ciudad de estudio, Bucaramanga, en un entorno que aparentemente tienen varias características comunes, en este caso se eligen ciudades latinoamericanas, que además de tener el mismo idioma, presentan tipologías culturales, políticas y administrativas similares. Se adoptan las ciudades con mejor puntuación en el Green City Index de Latinoamérica<sup>19</sup> Montevideo (Uruguay), Buenos Aires (Argentina), Santiago (Chile) y Ciudad de México (México).

**Tabla 6. Perfil de Caracterización de Ciudades Latinoamericanas**

CIUDAD		MONTEVIDEO	BUENOS AIRES	SANTIAGO	MEXICO DF
PAÍS		Uruguay	Argentina	Chile	México
ÁREA	[km <sup>2</sup> ]	200	202	867.75	1495
ALTITUD	[msnm]	43	25	567	2250
POBLACIÓN	[hab]	1319108	2890151	6158080	8918653
DENS. DEM.	[hab/km <sup>2</sup> ]	6595.54	14307.68	7096.61	5965.65
PIB per cápita	[USD]	17741	23606	23929	19239
INDICE GINI	0-100	39.4	38.2	49.4	43.6

<sup>19</sup> Mencionado con anterioridad

CIUDAD		MONTEVIDEO	BUENOS AIRES	SANTIAGO	MEXICO DF
PAÍS		Uruguay	Argentina	Chile	México
	[Año]	2015	2015	2013	2014
HDI	[País]	0.793	0.889	0.832	0.83
¿La ciudad es costera?		Si	Si	No	No

**2.5.4 Ciudades Europeas** Como se mostró en páginas anteriores Europa ha desarrollado diferentes modelos de medición de sustentabilidad que han contribuido al desarrollo de sus ciudades y las han llevado a estar encabezando las listas de eficiencia ambiental y protección de los recursos, por esto es absolutamente necesario considerarlas en el estudio, ya que se supone que son los máximos referentes. Ya que son constantemente mencionadas en los progresos de sostenibilidad, por ser ciudades destacadas de la unión europea y también por encontrarse en el top del European Green City Index, se eligieron las ciudades de Berlín (Alemania), Madrid (España), Ámsterdam (Holanda), Roma (Italia), Paris (Francia), Londres (Inglaterra) y Estocolmo (Suecia).

**Tabla 7. Perfil de Caracterización de Ciudades Europeas**

CIUDAD		BERLIN	MADRID	AMSTERDAM	ROMA	PARIS	LONDRES	ESTOCOLMO
PAÍS		Alemania	España	Holanda	Italia	Francia	Inglaterra	Suecia
ÁREA	[km2]	891.65	605.77	166	1287.36	105.4	1572	188
ALTITUD	[msnm]	34	657	-2	21	33	35	0
POBLACIÓN	[hab]	3469840	3141991	813000	2866793	2229621	8673713	917297
DENS. DEM.	[hab/km2]	3891.48	5186.77	4897.59	2226.88	21153.90	5517.63	4879.24
PIB per capita	[USD]	36259	39288	46917	38025	57241	57157	56250
INDICE GINI	0-100	30	42.8	30	33.7	37.1	44.2	29.4
	[Año]	2015	2013	2013	2013	2013	2014	2014
HDI	[País]	0.916	0.876	0.922	0.873	0.888	0.907	0.907
¿La ciudad es costera?		No	No	Si	No	No	No	Si

**2.5.5 Ciudades Norteamericanas** Norte américa se destaca por tener un gran desarrollo tecnológico y económico, también por el crecimiento de sus perímetros urbanos y su capacidad de construir infraestructura de manera eficiente. Además es necesario abordar una muestra representativa de esta parte del continente, de

este modo se selección las ciudades de Toronto (Canadá), Ottawa (Canadá), New York (EE.UU.), San Francisco (EE.UU.), Seattle (EE.UU.)

**Tabla 8. Perfil de Caracterización de Ciudades Norteamericanas**

CIUDAD		TORONTO	OTTAWA	NEW YORK	SAN FRANCISCO	SEATTLE
PAÍS		Canadá	Canadá	EEUU	EEUU	EEUU
ÁREA	[km2]	630.21	2778.13	425	121.4	217.2
ALTITUD	[msnm]	76	70	10	16	158
POBLACIÓN	[hab]	2615060	883391	8491079	837442	670218
DENS. DEM.	[hab/km2]	4149.51	317.98	19979.01	6898.21	3085.72
PIB per cápita	[USD]	45771	44149	69915	72390	73012
INDICE GINI	0-100	<b>39.3</b>	<b>33.9</b>	<b>50.5</b>	<b>48.5</b>	<b>44.6</b>
	[Año]	2013	2014	2014	2014	2014
HDI	[País]	0.913	0.913	0.915	0.915	0.915
¿La ciudad es costera?		No	No	Si	Si	Si

**2.5.6 Ciudades Asiáticas** Las ciudades asiáticas tiene un reto significativo en la consolidación de sus urbes, la cantidad de habitantes, por eso es interesante incluirlas en el estudio para evaluar realmente cuál es su posición en el ámbito de sostenibilidad y hacer la comparación del caso de estudio. Las ciudades escogidas debido a su alta puntuación en el Asian Green City Index son Bangkok (Tailandia), Seúl (Corea Del Sur), Singapur (Singapur) y Tokio (Japón).

**Tabla 9. Perfil de Caracterización de Ciudades Asiáticas**

CIUDAD		BANGKOK	SEÚL	SINGAPUR	TOKIO
PAÍS		Tailandia	Corea del Sur	Singapur	Japón
ÁREA	[km2]	1568.7	605.3	719.1	2165
ALTITUD	[msnm]	1.5	1.5	0	0
POBLACIÓN	[hab]	8280925	8280925	5535000	13185502
DENS. DEM.	[hab/km2]	5278.85	13680.70	7697.12	6090.30
PIB per cápita	[USD]	19705	34355	66864	43664

CIUDAD		BANGKOK	SEÚL	SINGAPUR	TOKIO
PAÍS		Tailandia	Corea del Sur	Singapur	Japón
INDICE GINI	0-100	54.5	30.2	46.4	48.5
	[Año]	2013	2013	2014	2014
HDI	[País]	0.726	0.898	0.912	0.891
¿La ciudad es costera?		Si	Si	Si	Si

**2.5.7 Ciudades Africanas** Al hacerse un análisis global de las ciudades es importante incluir las ciudades africanas, que siempre son consideradas como las más desfavorecidas económica y socialmente. Se eligen las ciudades de Accra (Ghana), Johannesburgo (Sudáfrica), Ciudad Del Cabo (Sudáfrica), Casablanca (Marruecos) y Túnez (Túnez).

**Tabla 10. Perfil de Caracterización de Ciudades Africanas.**

CIUDAD		ACCRA	JOHANNE SBURGO	CIUDAD DEL CABO	CASABLANCA	TÚNEZ
PAÍS		Ghana	Sudáfrica	Sudáfrica	Marruecos	Túnez
ÁREA	[km2]	173	1644.96	2445	230	212.63
ALTITUD	[msnm]	61	1753	10	115	21
POBLACION	[hab]	2291352	5610991	3740026	3481061	1056247
DENS. DEM.	[hab/km2]	13244.8	3411.02	1529.66	15135.05	4967.5
PIB per cápita	[USD]	5740	16370	14086	9274	6316
INDICE GINI	0-100	42.3	59.6	62.5	40.9	40
	[Año]	2011	2013	2013	2011	2011
HDI	[País]	0.579	0.666	0.666	0.628	0.721
¿La ciudad es costera?		Si	No	Si	Si	Si

## 2.6 OBTENCIÓN DE DATOS DE LAS CIUDADES

Para cada una de las ciudades enunciadas anteriormente se investigan los indicadores que fueron definidos para la caracterización de Bucaramanga, siendo esta la etapa más complicada hasta el momento debido a la diferencia de idioma de las diferentes regiones, al tiempo en que la información es actualizada en las diferentes plataformas y a la disponibilidad de la misma.

La información recolectada para una de las ciudades se encuentra sistematizada en las tablas presentadas a continuación.

### 2.6.1 Ciudades nacionales

CIUDADES		
INDICES EVALUADOS		
■	Superficie verde urbana por habitante	<i>m2/hab</i>
	Densidad demográfica	<i>hab/km2</i>
■	Concentración de PM10	<i>[µg/m3]</i>
	Nivel de dióxido de nitrógeno	<i>[µg/m3]</i>
	Nivel de dióxido de sulfuro	<i>[µg/m3]</i>
■	Consumo residencial de agua por habitante	<i>L/hab.dia</i>
	Acceso a agua potable	<i>%</i>
	Fugas de agua	<i>%</i>
■	Cantidad de residuos solidos por habitante dispuestos en relleno sanitario	<i>Kg/hab.dia</i>
	Porcentaje de residuos solidos aprovechados	<i>%</i>
■	Consumo residencial de energía por habitante	<i>Kwh/hab.año</i>

## 2.6.2 Ciudades brasileras

Tabla 11. Indicadores Obtenidos de Ciudades Brasileras

CIUDADES		SAO PAULO	RIO DE JANEIRO	BELO HORIZONTE	BRASILIA	CURITIBA
INDICES EVALUADOS		<i>Brasil</i>	<i>Brasil</i>	<i>Brasil</i>	<i>Brasil</i>	<i>Brasil</i>
Superficie verde urbana por habitante	<i>m<sup>2</sup>/hab</i>	54.7	58	18.3	985.1	51.5
Densidad demográfica	<i>hab/km<sup>2</sup></i>	7314.5	5234.1	7326	436.5	4296.2
Concentración de PM10	<i>[μ g/m<sup>3</sup>]</i>	33	24	48	10.9	25.9
Nivel de dióxido de nitrógeno	<i>[μ g/m<sup>3</sup>]</i>	47	57.7	27.8	13.4	22.5
Nivel de dióxido de sulfuro	<i>[μ g/m<sup>3</sup>]</i>	4	3.5	4.4	10.9	6.6
Consumo residencial de agua por habitante	<i>L/hab.día</i>	220.5	301.3	34	175.9	150
Acceso a agua potable	%	99.1	98.4	95.4	99.8	98.3
Fugas de agua	%	30.8	57.7	99.5	27	39.2
Cantidad de residuos sólidos por habitante dispuestos en relleno sanitario	<i>Kg/hab.día</i>	1.51	1.44	0.47	2.40	1.30
Porcentaje de residuos sólidos aprovechados	%	6.56	2.99	7.00	3.00	11.00
Consumo residencial de energía por habitante	<i>Kwh/hab.año</i>	1368.44	1287.90	874.38	1041.86	1317.07

## 2.6.3 Ciudades latinoamericanas

Tabla 12. Indicadores Obtenidos de Ciudades Latinoamericanas

CIUDADES		MONTEVIDEO	BUENOS AIRES	SANTIAGO	MEXICO DF
INDICES EVALUADOS		<i>Uruguay</i>	<i>Argentina</i>	<i>Chile</i>	<i>Mexico</i>
Superficie verde urbana por habitante	<i>m<sup>2</sup>/hab</i>	9.2	6.1	26.1	28.4
Densidad demográfica	<i>hab/km<sup>2</sup></i>	2546.7	15013.4	10920.7	5954.2
Concentración de PM10	<i>[μ g/m<sup>3</sup>]</i>	39	107	66	51
Nivel de dióxido de nitrógeno	<i>[μ g/m<sup>3</sup>]</i>	52	27	41	60
Nivel de dióxido de sulfuro	<i>[μ g/m<sup>3</sup>]</i>	28	16	10	13
Consumo residencial de agua por habitante	<i>L/hab.día</i>	374.9	669.2	243	178
Acceso a agua potable	%	98	99.3	98.6	98.9
Fugas de agua	%	36.1	41	30.3	37
Cantidad de residuos sólidos por habitante dispuestos en relleno sanitario	<i>Kg/hab.día</i>	0.83	1.66	1.54	1.34
Porcentaje de residuos sólidos aprovechados	%	10.00	11.00	10.00	17.30
Consumo residencial de energía por habitante	<i>Kwh/hab.año</i>	1207.27	2095.68	1579.74	932.30

## 2.6.4 Ciudades Europeas

Tabla 13. Indicadores Obtenidos de Ciudades Europeas

CIUDADES		BERLIN	MADRID	LONDRES	AMSTERDAM	PARIS	ROMA	ESTOCOLMO
INDICES EVALUADOS		<i>Alemania</i>	<i>España</i>	<i>UK</i>	<i>Holanda</i>	<i>Francia</i>	<i>Italia</i>	<i>Suecia</i>
Superficie verde urbana por habitante	<i>m<sup>2</sup>/hab</i>	21	18	27	45.5	14.5	15.9	87.5
Densidad demográfica	<i>hab/km<sup>2</sup></i>	3891.482084	5186.772207	5517.62913	4897.590361	21153.8994	2226.87749	4879.239362
Concentración de PM10	<i>[μ g/m<sup>3</sup>]</i>	25.32	38.17	37	35.45	30	32.38	16.7
Nivel de dióxido de nitrógeno	<i>[μ g/m<sup>3</sup>]</i>	28.53	69.52	37	28.42	37	75.96	13.32
Nivel de dióxido de sulfuro	<i>[μ g/m<sup>3</sup>]</i>	5.31	11.47	2	4.78	5	1.52	2.45
Consumo residencial de agua por habitante	<i>L/hab.dia</i>	152.19	195.5345301	157.781051	146.4933631	300.000435	238.438702	508.9048475
Acceso a agua potable	%	100	100	100	100	100	100	100
Fugas de agua	%	5.16	12.3	23.4	3.49	7.29	40	17
Cantidad de residuos solidos por habitante dispuestos en relleno sanitario	<i>Kg/hab.dia</i>	1.30	1.51	1.53	1.33	1.52	1.79	1.64
Porcentaje de residuos solidos aprovechados	%	35.00	9.88	20.00	43.00	19.30	19.50	33.00
Consumo residencial de energía por habitante	<i>Kwh/hab.año</i>	21583.35	22300.02	21655.57	20697.24	26847.24	23491.69	29133.36

## 2.6.5 Ciudades Norteamericanas

Tabla 14. Indicadores Obtenidos de Ciudades Norteamericanas

CIUDADES		TORONTO	OTTAWA	SAN FRANCISCO	SEATTLE	NEW YORK
INDICES EVALUADOS		<i>Canada</i>	<i>Canada</i>	<i>EEUU</i>	<i>EEUU</i>	<i>EEUU</i>
Superficie verde urbana por habitante	<i>m<sup>2</sup>/hab</i>	12.192	27.160494	8.875862069	15.716129	23
Densidad demográfica	<i>hab/km<sup>2</sup></i>	10288.3	757.1	16640	7359.7	19979.0094
Concentración de PM10	<i>[μ g/m<sup>3</sup>]</i>	17	14	7	22	6
Nivel de dióxido de nitrógeno	<i>[μ g/m<sup>3</sup>]</i>	35	66	37	77	29
Nivel de dióxido de sulfuro	<i>[μ g/m<sup>3</sup>]</i>	8	36	5	7	10
Consumo residencial de agua por habitante	<i>L/hab.dia</i>	430.733	283.875	518.545	483.3445	262.3005
Acceso a agua potable	%	100	100	100	100	100
Fugas de agua	%	10	14.5	11	8	14.2
Cantidad de residuos solidos por habitante dispuestos en relleno sanitario	<i>Kg/hab.dia</i>	1.05	0.54	1.32	0,51	1.41
Porcentaje de residuos solidos aprovechados	%	44.00	25.00	55.00	51.00	30.40
Consumo residencial de energía por habitante	<i>Kwh/hab.año</i>	11166.68	9305.56	9027.79	16472.24	17972.24

## 2.6.6 Ciudades Asiáticas

Tabla 15. Indicadores Obtenidos de Ciudades Asiáticas

CIUDADES		SINGAPUR	BANGKOK	TOKIO	SEÚL	
INDICES EVALUADOS		<i>Singapur</i>	<i>Tailandia</i>	<i>Japón</i>	<i>Corea del Sur</i>	
Superficie verde urbana por habitante	<i>m<sup>2</sup>/hab</i>	66.2	3.3	10.6	23.4	
	Densidad demográfica	<i>hab/km<sup>2</sup></i>	7025.2	3607.4	5946.9	17288.8
Concentración de PM10	<i>[μ g/m<sup>3</sup>]</i>	56	48.1	33.1	55	
	Nivel de dióxido de nitrógeno	<i>[μ g/m<sup>3</sup>]</i>	22	42.7	39.5	71.4
	Nivel de dióxido de sulfuro	<i>[μ g/m<sup>3</sup>]</i>	9	12.6	5.7	17.2
Consumo residencial de agua por habitante	<i>L/hab.dia</i>	308.5	340.2	320.2	311	
	Acceso a agua potable	%	100	85	99.4	100
	Fugas de agua	%	4.6	35	3.1	7
Cantidad de residuos solidos por habitante dispuestos en relleno sanitario	<i>Kg/hab.dia</i>	0.84	1.47	1.03	2.73	
	Porcentaje de residuos solidos aprovechados	%	61.00	15.00	77.00	66.00
Consumo residencial de energía por habitante	<i>Kwh/hab.año</i>	105906.84	55481.94	84911.52	60751.01	

## 2.6.7 Ciudades Africanas

Tabla 16. Indicadores Obtenidos de Ciudades Africanas

CIUDADES		CIUDAD DEL CABO	JOHANNES BURGO	CASABLANCA	ACCRA	TÚNEZ	
INDICES EVALUADOS		<i>Sudafrica</i>	<i>Sudafrica</i>	<i>Marruecos</i>	<i>Ghana</i>	<i>Túnez</i>	
Superficie verde urbana por habitante	<i>m<sup>2</sup>/hab</i>	289.5	230.7	55.5	2	14.5	
	Densidad demográfica	<i>hab/km<sup>2</sup></i>	1509.5	2363.5	3287.5	11710	4698.1
Concentración de PM10	<i>[μ g/m<sup>3</sup>]</i>	NR	NR	NR	NR	NR	
	Nivel de dióxido de nitrógeno	<i>[μ g/m<sup>3</sup>]</i>	NR	NR	NR	NR	
	Nivel de dióxido de sulfuro	<i>[μ g/m<sup>3</sup>]</i>	NR	NR	NR	NR	
Consumo residencial de agua por habitante	<i>L/hab.dia</i>	225.2	348.7	89	121	299.3	
	Acceso a agua potable	%	91.4	98.3	89	88	99.6
	Fugas de agua	%	10	25.1	28	30	28.4
Cantidad de residuos solidos por habitante dispuestos en relleno sanitario	<i>Kg/hab.dia</i>	1.57	1.10	1.30	1.20	0.47	
	Porcentaje de residuos solidos aprovechados	%	3.30	10.00	20.01	2.13	4.21
Consumo residencial de energía por habitante	<i>Kwh/hab.año</i>	3861.11	1555.56	1388.89	722.22	5027.78	

## 2.7 ANÁLISIS DE DATOS

**2.7.1 Anulación de los datos atípicos** La información viene de fuentes confiables y es completa, sin embargo si se quiere realizar un análisis comparativo es necesario la identificación de datos atípicos y su posterior retracción. Un valor atípico es un dato que es considerablemente diferente a los otros datos de la muestra. La presencia de estos valores puede cambiar considerablemente el análisis de las muestras, por ejemplo, la estimación de los parámetros como media y desviación estándar.

Para identificar los datos atípicos de cada uno de los indicadores se utiliza una manera sencilla de trabajar a través de la distribución normal de datos por medio de ubicación de los cuartiles, se selecciona una muestra y se obtiene su media y su desviación estándar, posteriormente se toma cada elemento de la muestra se sustrae la media y el resultado es dividido por la desviación estándar, si el resultado es mayor a -3 o menor a 3, se considera el dato como regular, es decir se conserva en la muestra.<sup>20</sup>

$$-3 < \frac{x_i - \tilde{x}}{\sigma} < 3$$

*donde  $x$  es el dato,  $\tilde{x}$  es la media y  $\sigma$  la desviación estándar del grupo*

**2.7.2 Análisis y graficas** Después de realizar esta identificación de datos se ordena la información según el indicador para todas las ciudades.

**2.7.2.1 Suelo** A continuación se presenta el análisis estadístico para la categoría de suelo.

---

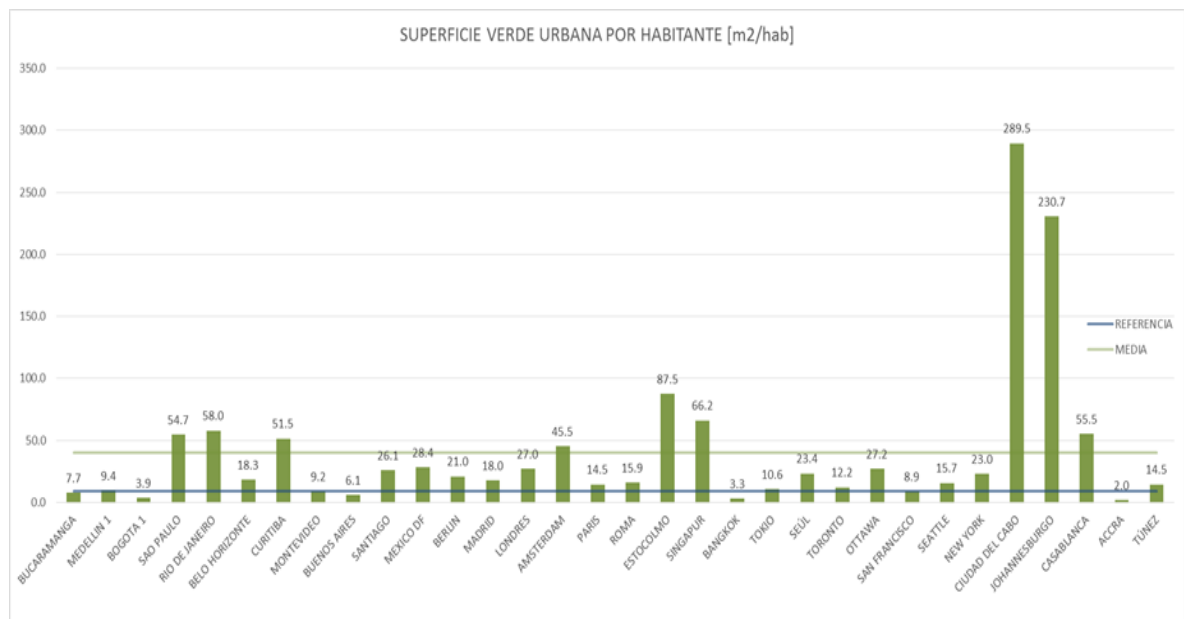
<sup>20</sup> Empleo de estadística

**2.7.2.1.1 Superficie verde urbana por habitante:** Se retira el dato perteneciente a Brasilia, ya que es demasiado grande con respecto al grupo.

**Tabla 17. Análisis del Indicador Superficie Verde por Habitante**

SUPERFICIE VERDE POR HABITANTE	
Análisis	m2/hab
Mínimo	2
	ACCRA
Máximo	289.5
	CIUDAD DEL CABO
Desviación Estándar	61.77315112
Media	40.16639015

**Figura 7. Superficie Verde por Habitante por Ciudades.**

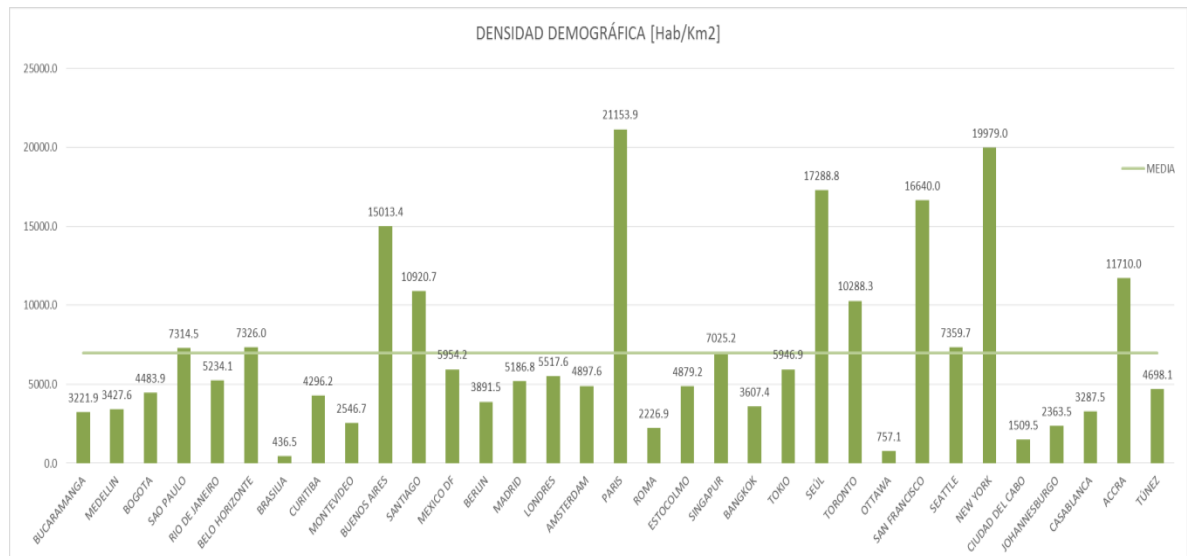


**2.7.2.1.2 Densidad demográfica:** En este indicador no se presenta ningún dato atípico, así que se procede a analizar la información con todos los datos obtenidos.

**Tabla 18. Análisis del Indicador Densidad Demográfica.**

DENSIDAD DEMOGRÁFICA	
Análisis	Hab/Km2
Mínimo	436.5
	BRASILIA
Máximo	21153.9
	PARIS
Desviación Estándar	5369.6
Media	6785.1

**Figura 8. Densidad Demográfica por Ciudades**



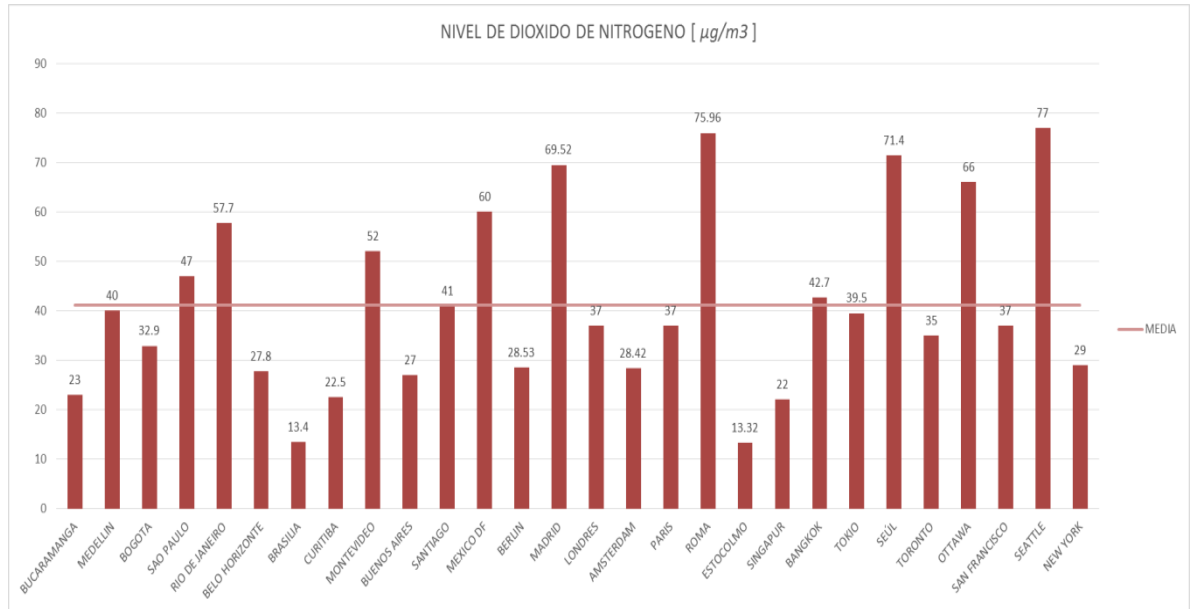
**2.7.2.2 Aire** A continuación se presenta el análisis estadístico para la categoría de aire.

**2.7.2.2.1 Nivel de dióxido de nitrógeno:** En este indicador no se presenta ningún dato atípico, así que se procede a analizar la información con todos los datos obtenidos. Cabe resaltar que los datos pertenecientes a este conjunto para las ciudades africanas no fueron encontrados.

**Tabla 19. Análisis del Indicador Nivel de Dióxido de Nitrógeno**

NIVEL DE DIOXIDO DE NITROGENO	
Análisis	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Mínimo	13.32
	ESTOCOLMO
Máximo	77
	SEATTLE
Desviación Estándar	18.47464891
Media	41.20178571

**Figura 9. Nivel de Dióxido de Nitrógeno por Ciudades.**

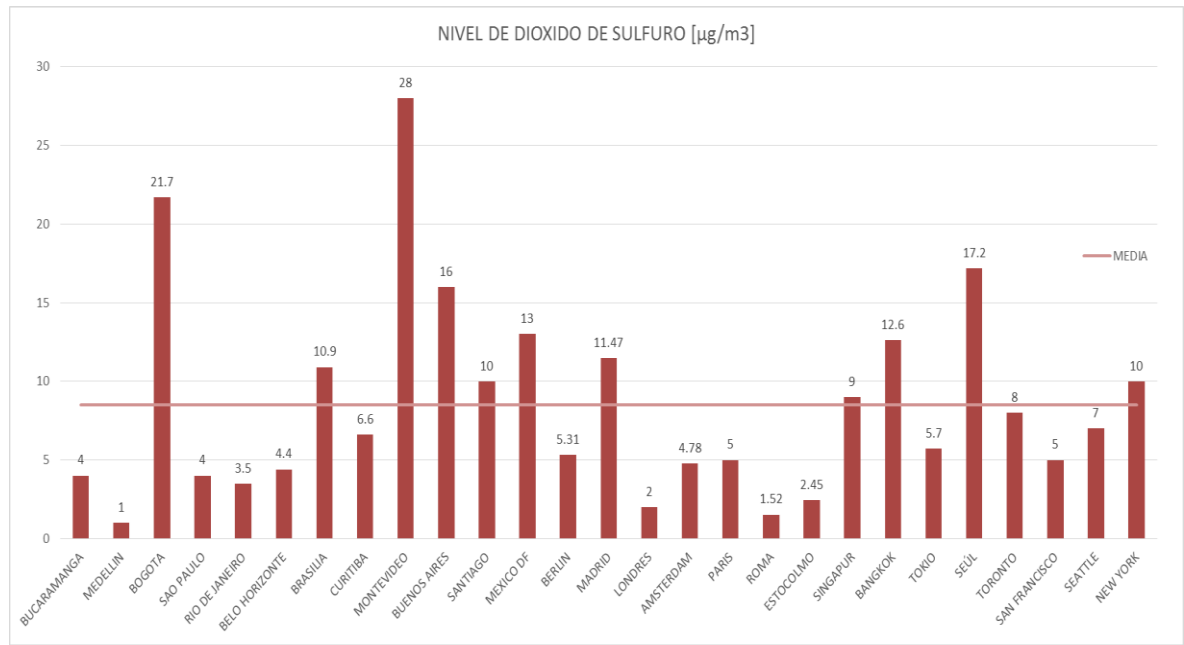


**2.7.2.2 Nivel de dióxido de sulfuro:** Es retirado el dato perteneciente a la ciudad de Ottawa debido a que es muy grande con respecto al rango analizado, entonces se considera dato atípico. Al mismo tiempo, los datos pertenecientes a este conjunto para las ciudades africanas no fueron encontrados.

**Tabla 20. Análisis del Indicador Nivel de Dióxido de Sulfuro.**

NIVEL DE DIOXIDO DE SULFURO	
Análisis	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Mínimo	1
	MEDELLIN
Máximo	28
	MONTEVIDEO
Desviación Estándar	6.41933258
Media	8.523333333

**Figura 10. Nivel de Dióxido de Sulfuro por Ciudades.**

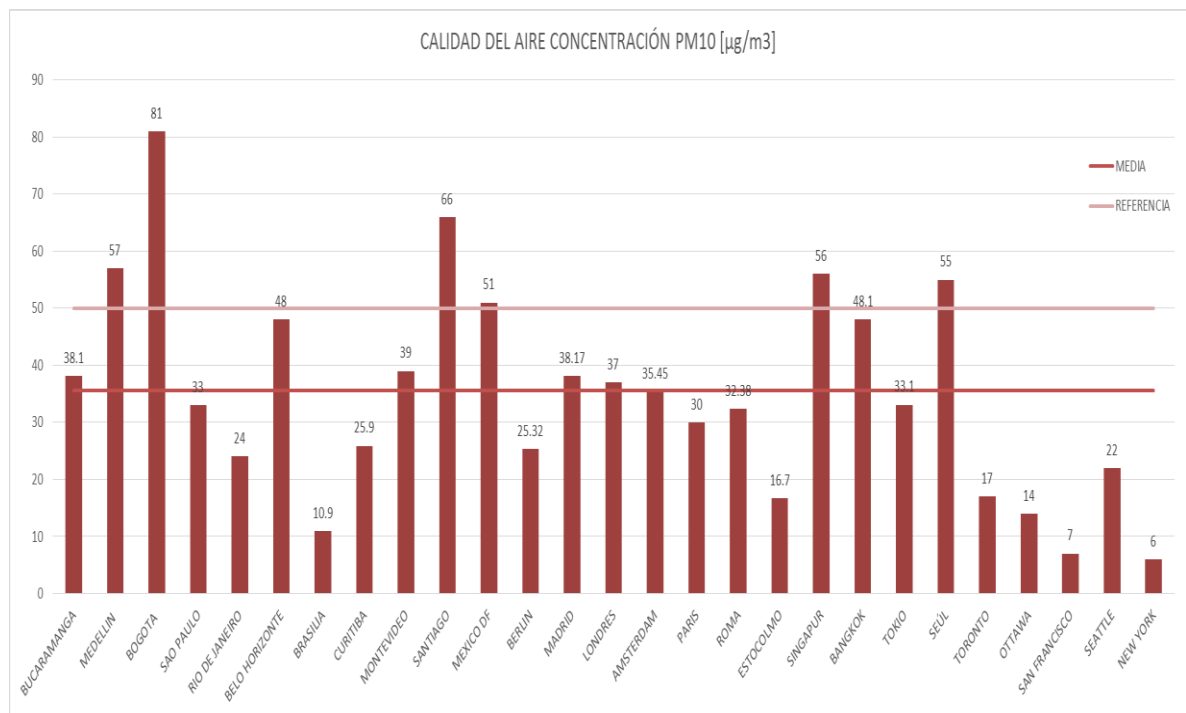


**2.7.2.2.3 Concentración de PM10:** Se elimina del grupo del dato que representa a la ciudad de Buenos Aires, ya que se encuentra fuera del rango permitido excediendo el límite superior. Al mismo tiempo, los datos pertenecientes a este conjunto para las ciudades africanas no fueron encontrados.

**Tabla 21. Análisis del Indicador Concentración de PM10.**

CONCENTRACIÓN DE PM10	
Análisis	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Mínimo	6
	NEW YORK
Máximo	81
	BOGOTA
Desviación Estándar	18.68773937
Media	36.61793103

**Figura 11. Concentración de PM10 por Ciudades.**



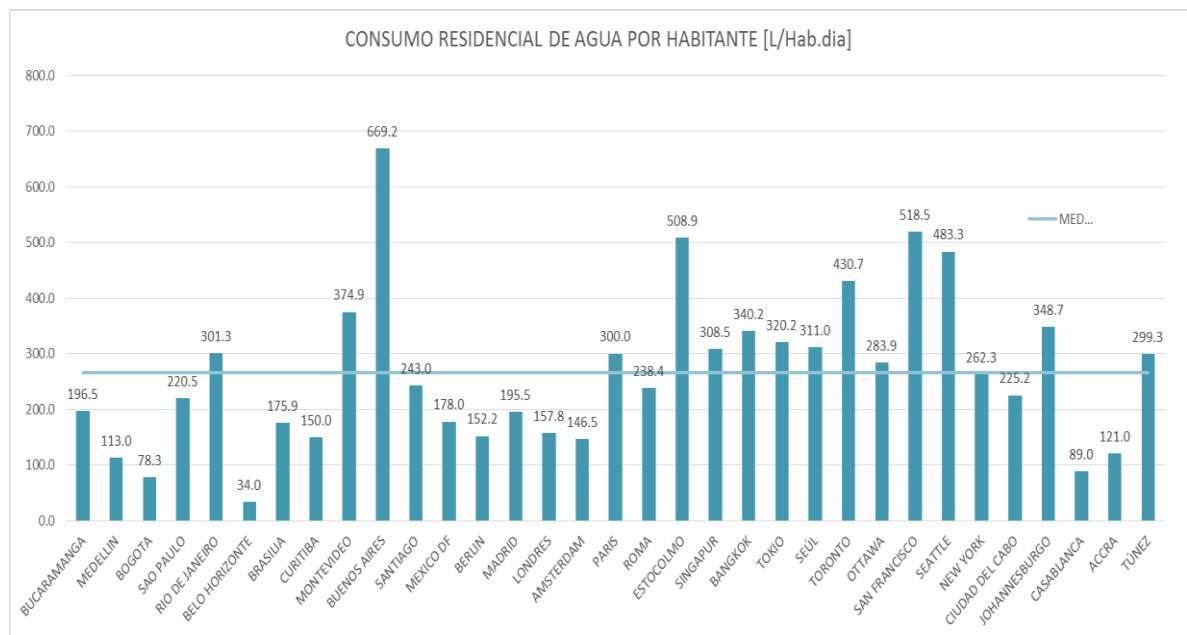
**2.7.2.3 Agua** A continuación se presenta el análisis estadístico para la categoría de agua.

**2.7.2.3.1 Consumo residencial de agua por habitante:** En este indicador no se presenta ningún dato atípico, así que se procede a analizar la información con todos los datos obtenidos.

**Tabla 22. Análisis del Indicador Consumo Residencial de Agua por Habitante.**

<b>CONSUMO RESIDENCIAL DE AGUA POR HABITANTE</b>	
<b>Análisis</b>	<i>L/hab.día</i>
Mínimo	34
	BELO HORIZONTE
Máximo	669.2
	BUENOS AIRES
Desviación Estándar	141.0374342
Media	258.3588837

**Figura 12. Consumo Residencial de Agua por Habitante por Ciudades.**

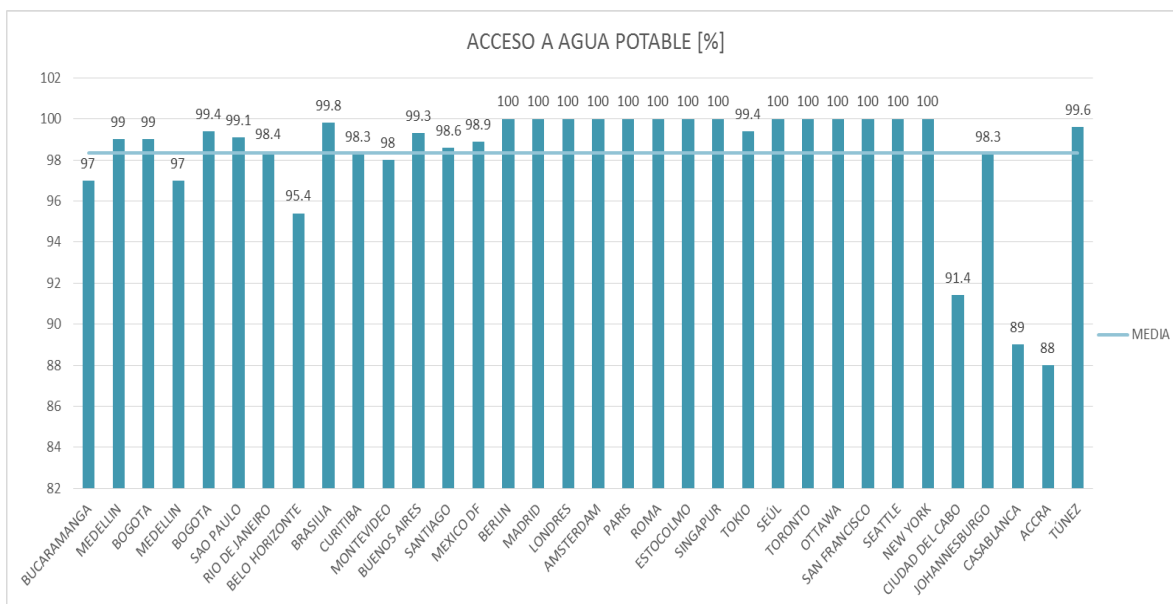


**2.7.2.3.2 Acceso a agua potable:** En este indicador no se presenta ningún dato atípico, así que se procede a analizar la información con todos los datos obtenidos.

**Tabla 23. Análisis del Indicador Acceso a Agua Potable.**

ACCESO A AGUA POTABLE	
Análisis	%
Mínimo	88
	ACCRA
Máximo	100
	VARIOS
Desviación Estándar	3.024924683
Media	98.32058824

**Figura 13. Acceso a Agua Potable por Ciudades.**

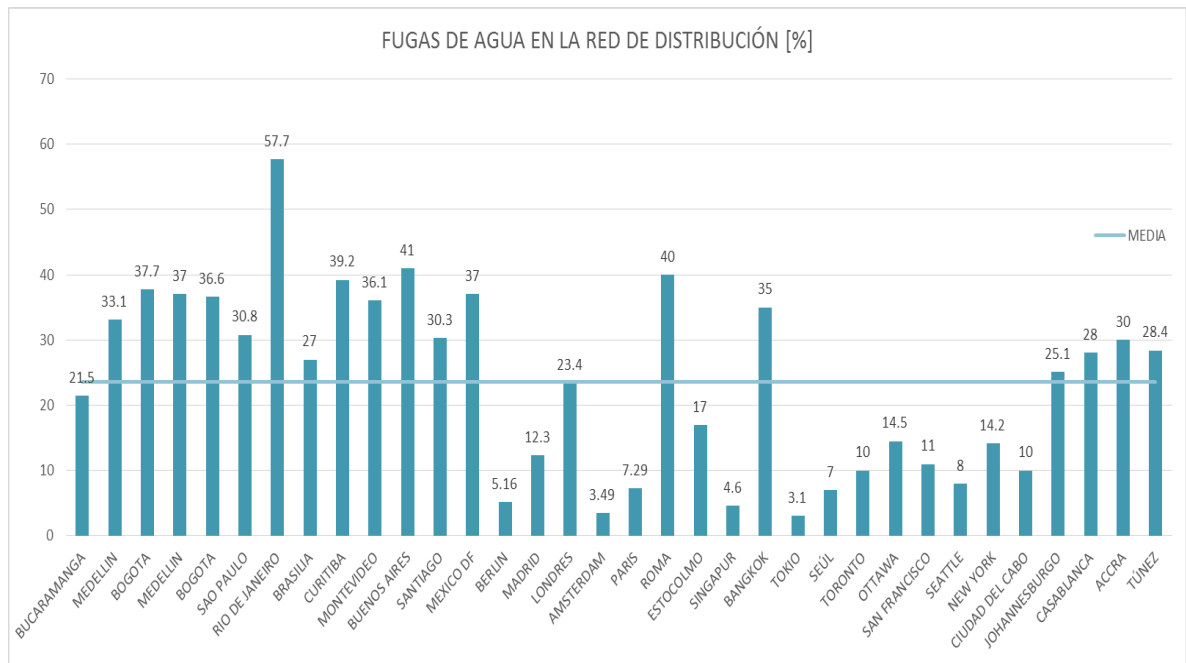


**2.7.2.3.3 Fugas de agua en la red de abastecimiento:** Para este grupo es retirado el dato perteneciente a la ciudad de Belo Horizonte ya que se encuentra por fuera del rango permitido excediendo el límite superior.

**Tabla 24. Análisis del Indicador Fugas de Agua en la Red de Abastecimiento.**

FUGAS DE AGUA EN LA RED DE ABASTECIMIENTO	
Análisis	%
Mínimo	3.1
	TOKIO
Máximo	57.7
	RIO DE JANEIRO
Desviación Estándar	13.99281333
Media	23.60411765

**Figura 14. Figura. Fugas de Agua en la Red de Abastecimiento por Ciudades.**



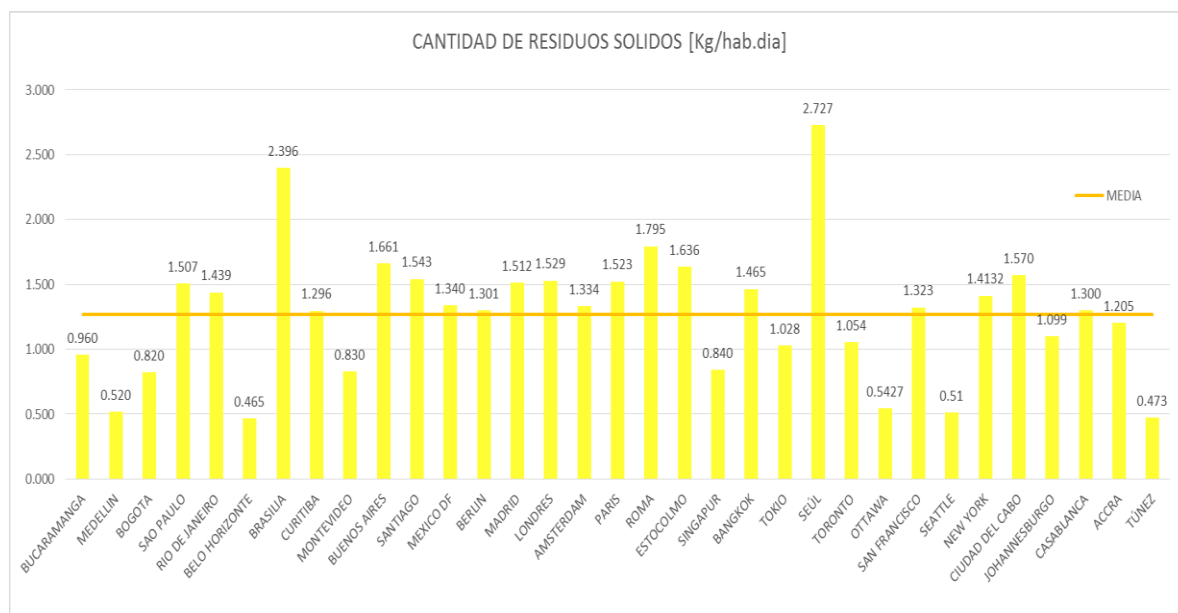
**2.7.2.4 Residuos solidos** A continuación se presenta el análisis estadístico para la categoría de residuos sólidos.

**2.7.2.4.1 Cantidad de residuos sólidos por habitante dispuestos en relleno sanitario:** En este indicador no se presenta ningún dato atípico, así que se procede a analizar la información con todos los datos obtenidos.

**Tabla 25. Análisis del Indicador Cantidad de Residuos Sólidos por Habitante Dispuestos en el Relleno Sanitario.**

<b>CANTIDAD DE RESIDUOS SOLIDOS POR HABITANTE DISPUESTOS EN EL RELLENO SANITARIO</b>	
<b>Análisis</b>	<i>Kg/hab.día</i>
Mínimo	0.465
	BELO HORIZONTE
Máximo	2.727
	SEUL
Desviación Estándar	0.507
Media	1.271

**Figura 15. Cantidad de Residuos Sólidos por Habitante Dispuestos en el Relleno Sanitario por Ciudades**

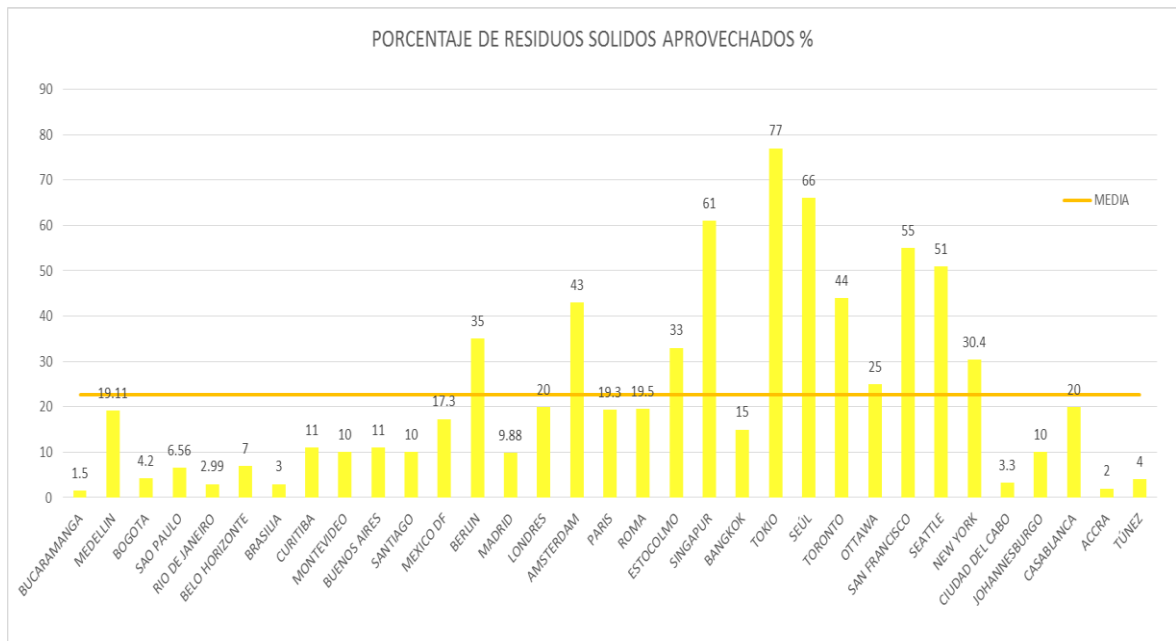


**2.7.2.4.2. Porcentaje de residuos sólidos aprovechados:** En este indicador no se presenta ningún dato atípico, así que se procede a analizar la información con todos los datos obtenidos.

**Tabla 26. Análisis del Indicador Porcentaje de Residuos Sólidos Aprovechados.**

PORCENTAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS APROVECHADOS	
Análisis	%
Mínimo	1.5
	BUCARAMANGA
Máximo	77.0
	TOKIO
Desviación Estándar	20.6
Media	22.6

**Figura 16. Porcentaje de Residuos Sólidos Aprovechados por Ciudades**



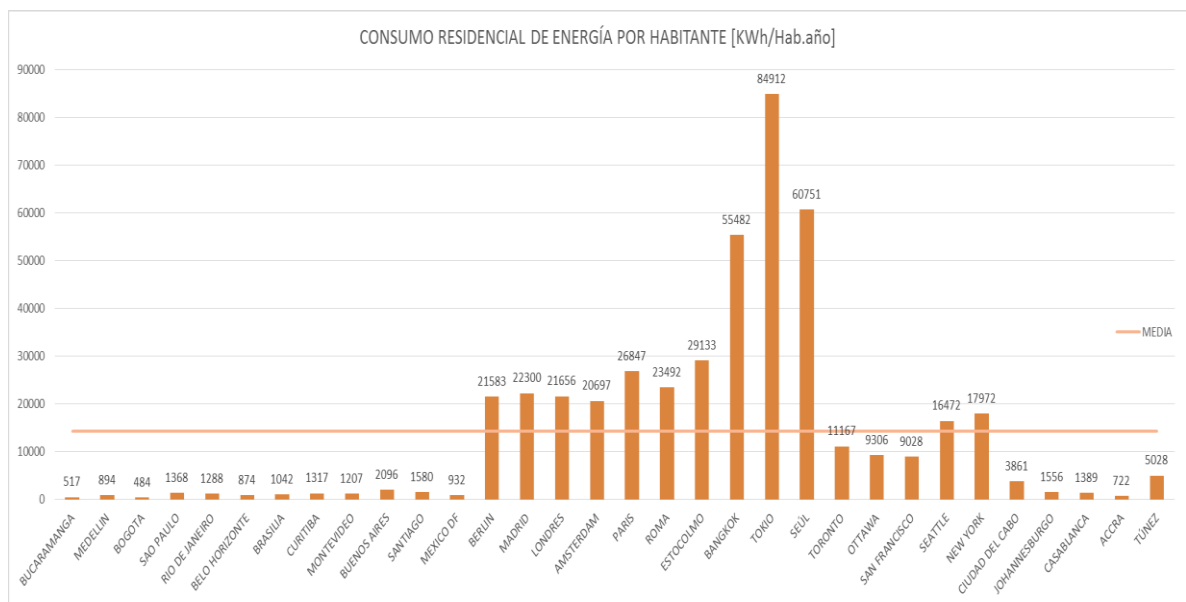
**2.7.2.5 Energía** A continuación se presenta el análisis estadístico para la categoría de energía.

**2.7.2.5.1 Consumo residencial de energía por habitante:** En este grupo se descarta el dato que representa a la ciudad de Singapur, ya que se encuentra por fuera del rango permitido excediendo el límite superior.

**Tabla 27. Análisis del Indicador Consumo Residencial de Energía por Habitante.**

<b>CONSUMO RESIDENCIAL DE ENERGÍA POR HABITANTE</b>	
<b>Análisis</b>	<i>Kwh/hab.año</i>
Mínimo	484
	BOGOTA
Máximo	84911.52
	TOKIO
Desviación Estándar	19641.87
Media	13482.19

**Figura 17. Consumo Residencial de Energía por Habitante por Ciudades.**



## **2.8 EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD PARA CADA INDICADOR**

Para poder enmarcar cada indicador en la esfera de sostenibilidad, es necesario abordar las tres dimensiones: ambiental, económica y social, de lo contrario no estaríamos hablando de sostenibilidad como tal. Todos los indicadores que se han estudiado anteriormente son ambientales el objetivo ahora es introducirlos en el contexto socioeconómico de cada una de las ciudades, para ello se elige el coeficiente Ginni como aspecto socioeconómico, ya que la unión de las dos dimensiones se define como igualdad o equidad en una comunidad y ese es el campo que mide el coeficiente Ginni.

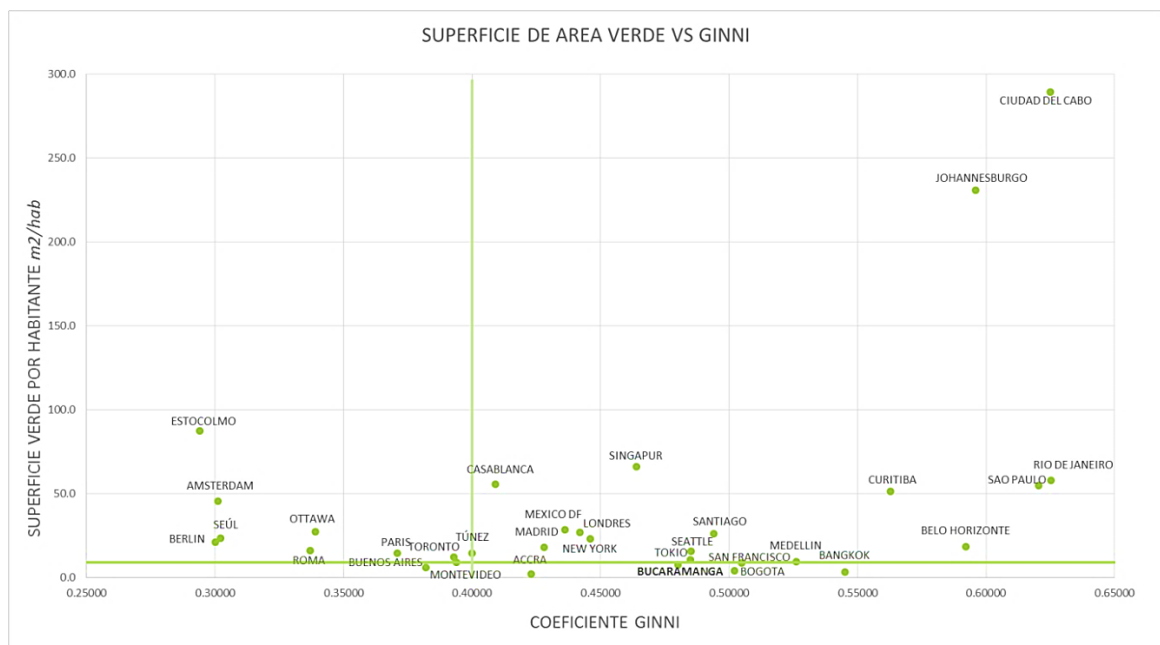
A continuación se presentan las gráficas de posicionamiento de las ciudades de estudio con respecto a la sostenibilidad que presenta cada indicador. En cada grafica se muestra una línea de referencia para el indicador ambiental y una línea de referencia del indicador socioeconómico, de la intersección de estas se generan 4 zonas o cuadrantes, la zona sostenible (*as*) que presenta el desempeño favorable de los indicadores ambiental y socioeconómico, la zona ambientalmente crítica (*ac*) donde el indicador socioeconómico es favorable pero el ambiental desfavorable, la zona socioeconómicamente crítica (*sc*) donde el indicador socioeconómico es desfavorable pero el ambiental es favorable y la zona crítica (*cc*) donde los indicadores ambiental y socioeconómico son desfavorables. Estos cuadrantes se establecerán dependiendo el indicador.

### **2.8.1 Suelo**

**2.8.1.1 Superficie verde urbana por habitante:** Se adopta como línea de referencia para el indicador ambiental la medida de mínimo 9 metros cuadrados por habitante, ya que es la Propuesta de Organización Mundial de la Salud OMS para el desarrollo integral de los integrantes de las ciudades. Para el indicador

socioeconómico, coeficiente Ginni, se adopta un máximo de 0,4<sup>21</sup> ya que de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas – ONU situaciones por encima de este nivel son alarmante debido a que reflejan polarización entre las clases sociales. En este caso la zona as se encuentra en el cuadrante superior izquierdo, ac en el cuadrante inferior izquierdo, sc en el cuadrante superior derecho y cc en el cuadrante inferior derecho.

**Figura 18. Evaluación de Sostenibilidad de Superficie Verde por Habitante**

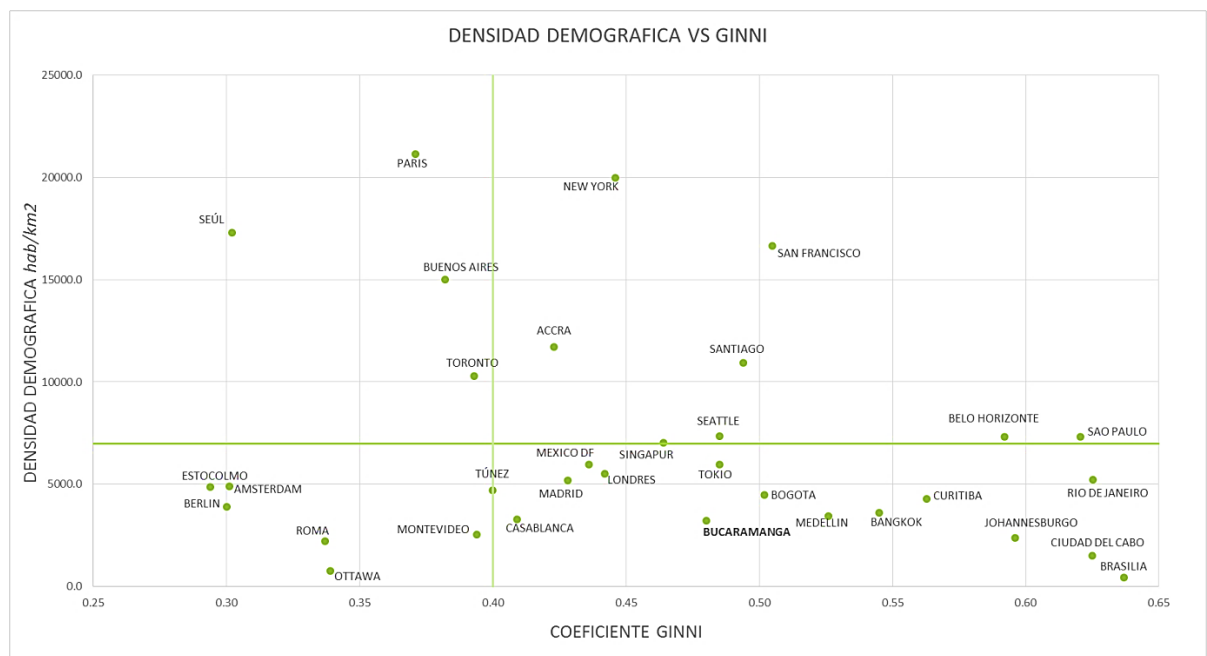


De acuerdo con la figura se consideran Ámsterdam, Estocolmo, Berlín, Seúl, Ottawa, Roma, Toronto, Montevideo y Túnez como ciudades sostenibles en el indicador de superficie verde por habitante, destacando la ciudad de Estocolmo que ocupa la posición más privilegiada del gráfico. La ciudad de Bucaramanga se encuentra en la zona crítica por un margen muy pequeño.

<sup>21</sup> UN-HABITAT alert line – inequality threshold&f=false State of the World's Cities 2008/9: Harmonious Cities (en inglés). Malta: Gutenberg Press Ltd. p. 179. ISBN 978-92-1-132011-4. 2008 Consultado el 22 de abril de 2014.

**2.8.1.2 Densidad demográfica:** Debido a que no se conoce un estándar mundial que condicione la demografía en el casco urbano, se adopta como límite para el indicador ambiental la media de la densidad demográfica de las ciudades estudiadas, 6981 habitantes por kilómetro cuadrado. En este caso la zona as se encuentra en el cuadrante inferior izquierdo, ac en el cuadrante superior izquierdo, sc en el cuadrante inferior derecho y cc en el cuadrante superior derecho.

**Figura 19. Evaluación de Sostenibilidad de Densidad Demográfica**



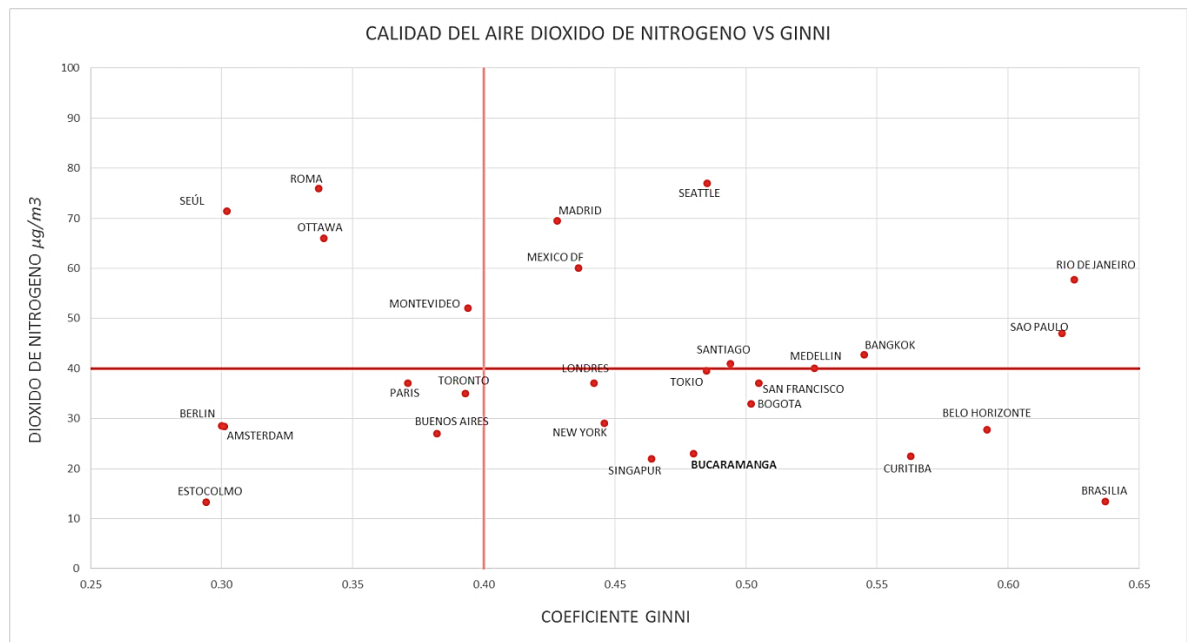
De acuerdo con la figura las ciudades de Estocolmo, Ámsterdam, Roma, Ottawa, Montevideo, Berlín y Túnez tienen ocupación de territorio sostenible, destacándose Berlín y Estocolmo. Bucaramanga se cumple el mínimo demográfico sin embargo se encuentra en la zona socioeconómicamente crítica.

## 2.8.2 Aire

**2.8.2.1 Nivel de dióxido de nitrógeno:** Como referencia de nivel de dióxido de nitrógeno en el aire se adopta un máximo de 40 microgramos, ya que es un valor

anual establecido por la directiva europea, sin embargo cabe resaltar que el límite para Latinoamérica está considerado como 50 microgramos. La referencia del coeficiente Ginni es como máximo 0,4. En este caso la zona *as* se encuentra en el cuadrante inferior izquierdo, *ac* en el cuadrante superior izquierdo, *sc* en el cuadrante inferior derecho y *cc* en el cuadrante superior derecho.

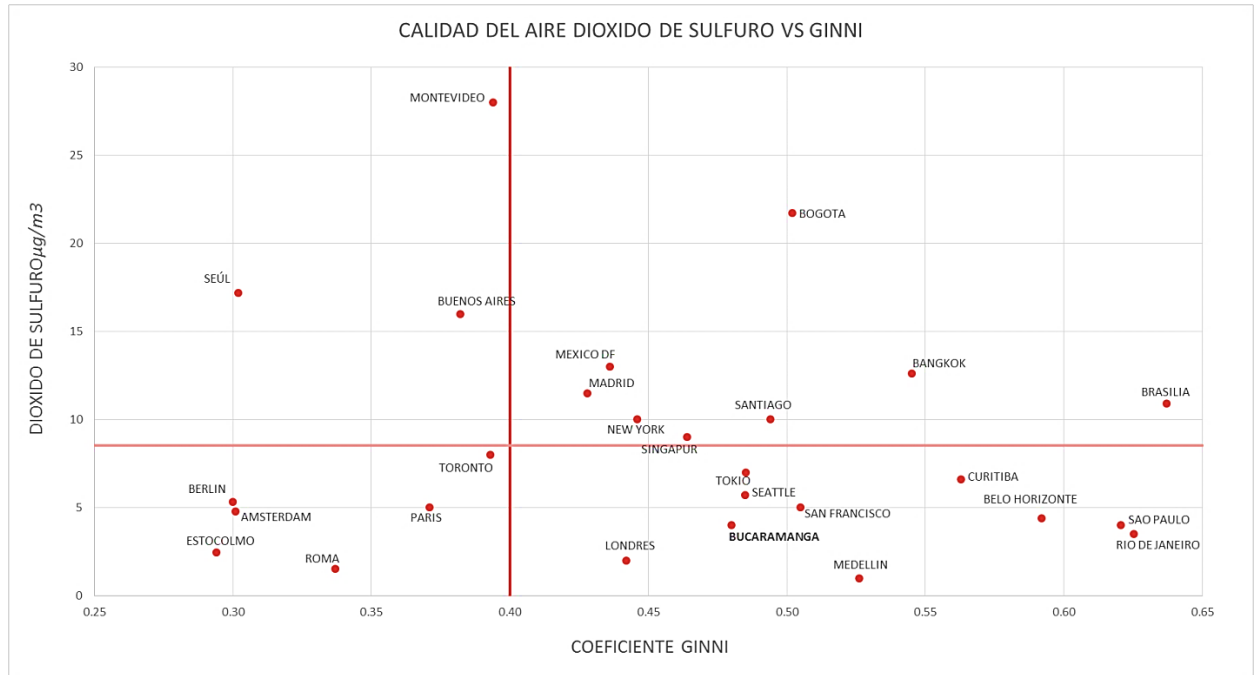
**Figura 20. Evaluación de Sostenibilidad de Nivel de Dióxido de Nitrógeno.**



En este indicador se consideran como sostenibles las ciudades de Berlín, Ámsterdam, París, Toronto, Estocolmo y Buenos Aires, encontrándose en la mejor posición la ciudad de Estocolmo. La ciudad de Bucaramanga cumple satisfactoriamente con el indicador ambiental pero no con el socioeconómico.

**2.8.2.2 Nivel de dióxido de sulfuro:** Se toma como referencia 8,5 microgramos por metro cúbico, la media de los niveles. La medida socioeconómica se conserva como un coeficiente de Ginni máximo de 0,4. Para este caso la zona *as* se encuentra en el cuadrante inferior izquierdo, *ac* en el cuadrante superior izquierdo, *sc* en el cuadrante inferior derecho y *cc* en el cuadrante superior derecho.

**Figura 21. Evaluación de Sostenibilidad de Nivel de Dióxido de Sulfuro**

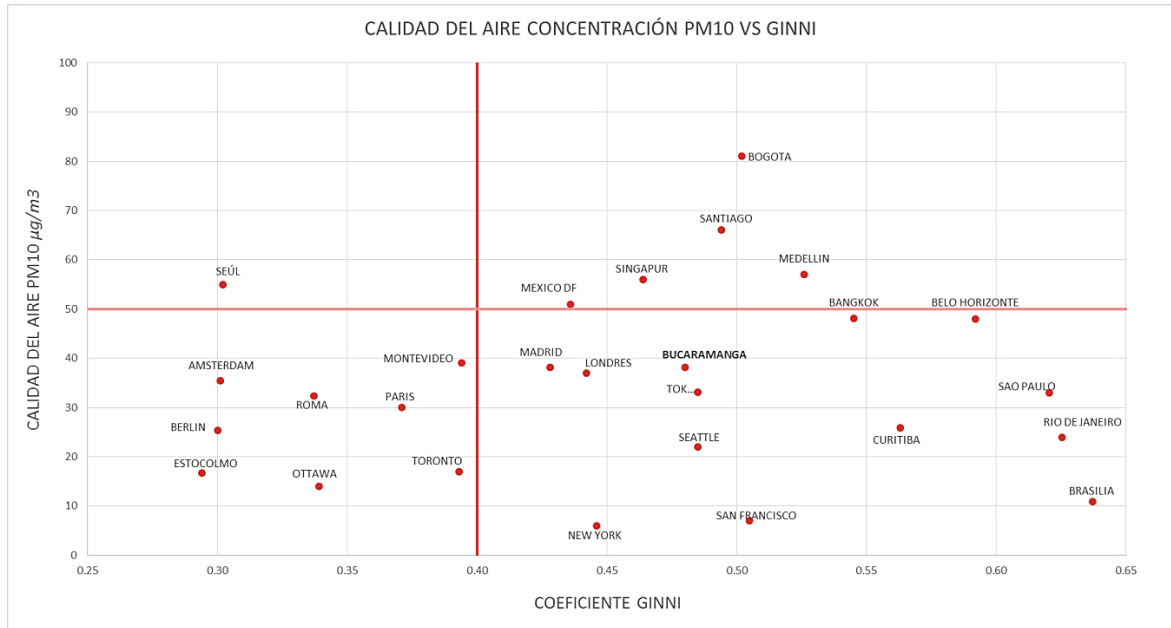


Se encuentran como ciudades sustentables en este indicador Berlín, París, Roma, Toronto, Estocolmo y Ámsterdam. Bucaramanga se encuentra en la zona socioeconómicamente crítica.

**2.8.2.3 Concentración de PM10:** Como límite en el indicador ambiental se adopta 50 microgramos por metro cubico como lo dicta la normativa colombiana<sup>22</sup>. Como límite socioeconómico se mantiene un máxima de 0,4 en el coeficiente Ginni. Para este caso la zona as se encuentra en el cuadrante inferior izquierdo, ac en el cuadrante superior izquierdo, sc en el cuadrante inferior derecho y cc en el cuadrante superior derecho.

<sup>22</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL Resolución 610 del 24 de marzo de 2010 expedidas por el

**Figura 22. Evaluación de Sostenibilidad de Concentración de PM10**



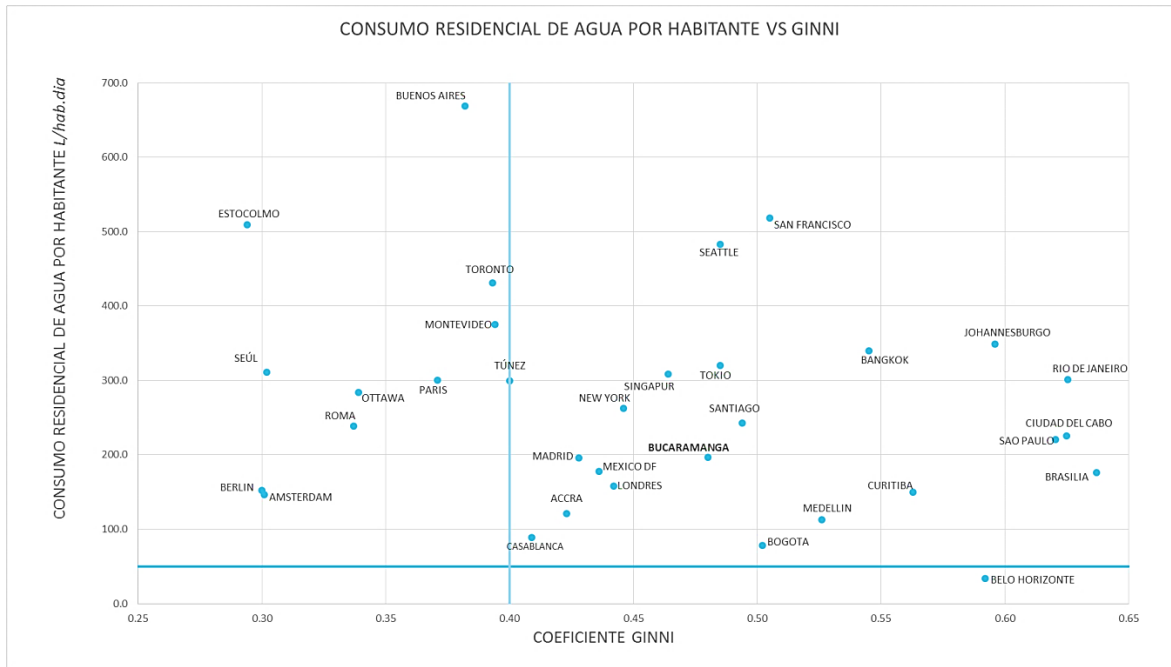
Se destacan favorablemente las ciudades de Berlín, Estocolmo, Ámsterdam, Roma, Ottawa, Montevideo, París y Toronto. La ciudad de Bucaramanga se encuentra en la zona socioeconómicamente crítica.

### 2.8.3 Agua

**2.8.3.1 Consumo residencial de agua por habitante:** Se toma como límite un consumo residencial de agua de 50 litros por habitante como estipula la OMS<sup>23</sup>. Se continúa adoptando el límite socioeconómico de 0,4 en el coeficiente Ginni. En este caso la zona as se encuentra en el cuadrante inferior izquierdo, ac en el cuadrante superior izquierdo, sc en el cuadrante inferior derecho y cc en el cuadrante superior derecho.

<sup>23</sup> WHO Consumo de agua [en línea] disponible en: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases/WSH03.02.pdf?ua=1](http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/WSH03.02.pdf?ua=1)

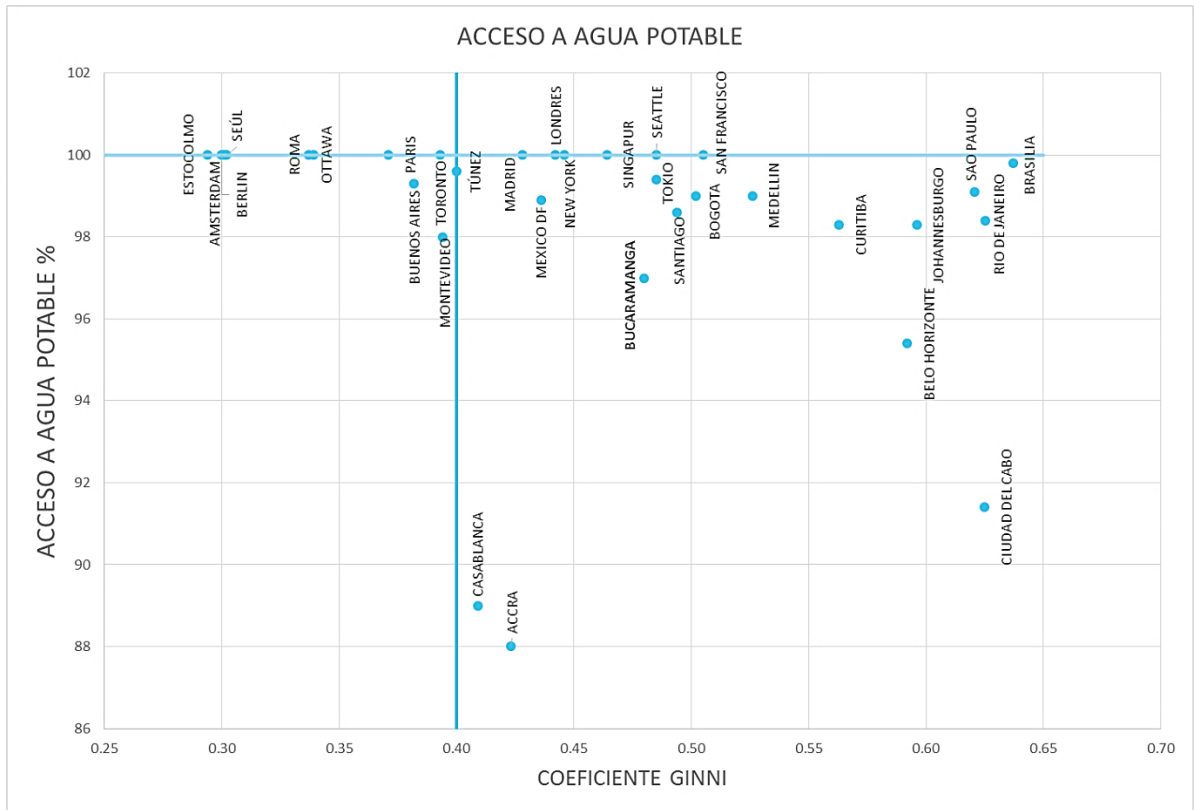
**Figura 23. Evaluacion de Sostenibilidad de Consumo Residencial de Agua por Habitante**



Desafortunadamente ninguna ciudad se sitúa dentro la posición sostenible, aunque vale resaltar que la ciudad de Belo Horizonte cumple la meta estipulada en el consumo de agua. Bucaramanga se encuentra en la zona crítica.

**2.8.3.2 Acceso a agua potable:** En este ítem, se establece una referencia ambiental inflexible de una cobertura en el servicio de agua del 100%, ya que ese es el porcentaje que por obligación deben cumplir todas las ciudades. El coeficiente Ginni se mantiene como 0,4. En este caso la zona as se encuentra en el cuadrante superior izquierdo (también los que se encuentren justo sobre la línea), ac en el cuadrante inferior izquierdo, sc en el cuadrante superior derecho y cc en el cuadrante inferior derecho.

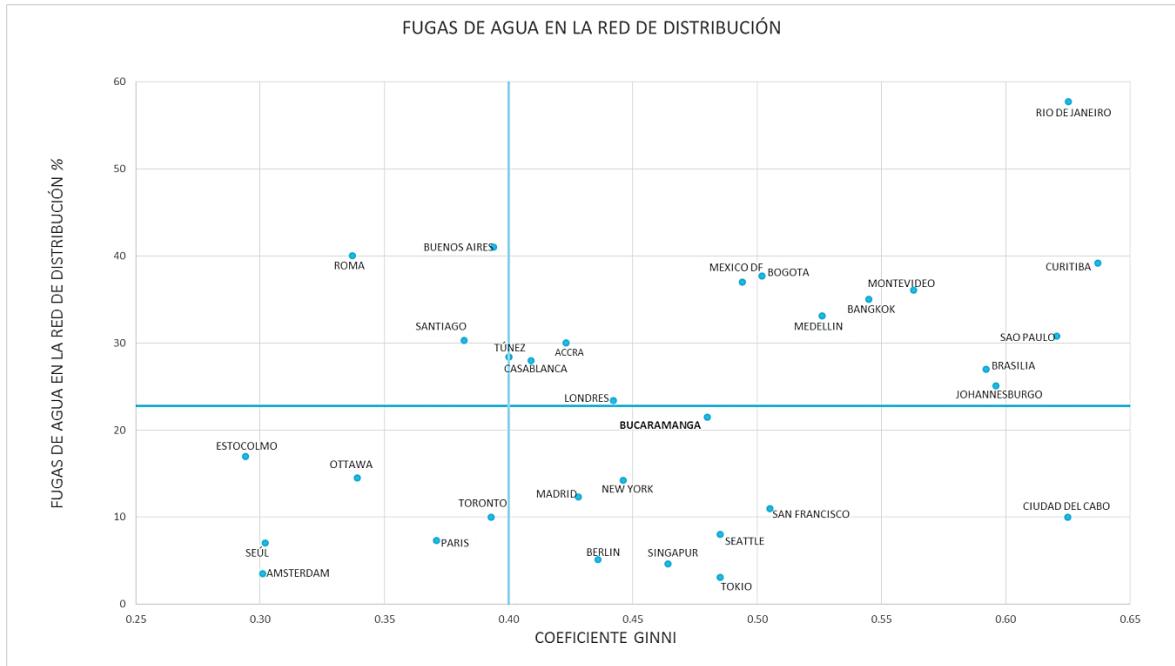
**Figura 24. Evaluacion de Sostenibilidad de Acceso a Agua Potable**



Las ciudades de Estocolmo, Ámsterdam, Seúl, Roma, Ottawa, Paris y Toronto cumplen con el criterio esperado. Bucaramanga cuenta con una de las posiciones más desprivilegiadas de la zona crítica.

**2.8.3.3 Fugas de agua en la red de abastecimiento:** Como límite en el indicador ambiental se adopta un porcentaje máximo de fugas de 22,78%, que es la media de los datos estudiados. Se continúa adoptando el límite socioeconómico de 0,4 en el coeficiente Ginni. En este caso la zona *as* se encuentra en el cuadrante inferior izquierdo, *ac* en el cuadrante superior izquierdo, *sc* en el cuadrante inferior derecho y *cc* en el cuadrante superior derecho.

**Figura 25. Evaluación de Sostenibilidad de Fugas en la Red de Distribución**

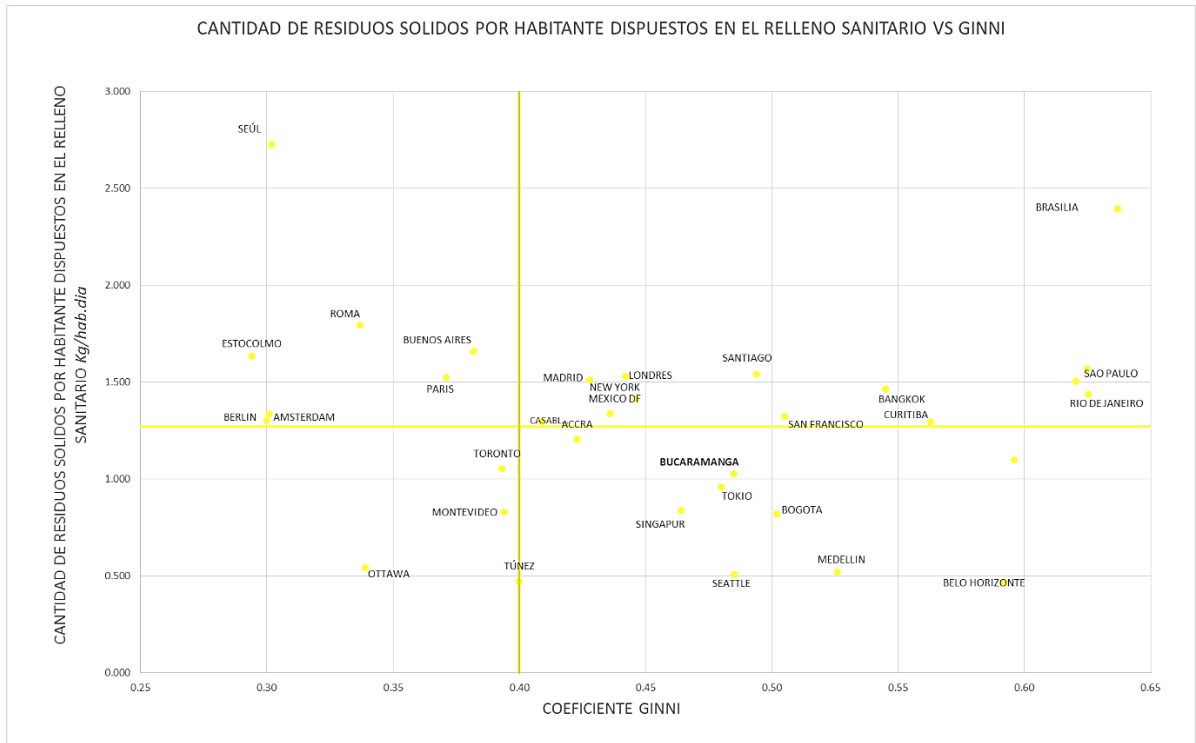


Las ciudades de Estocolmo, Seúl, Ámsterdam, Ottawa, Paris y Toronto se encuentran dentro de la zona sostenible, mientras que Bucaramanga se posiciona en la zona socioeconómicamente crítica.

## 2.8.4 Residuos Sólidos

**2.8.4.1 Cantidad de residuos sólidos por habitante dispuestos en relleno sanitario:** se establece como límite máximo el promedio de los datos estudiados de residuos sólidos de 1,325 kilogramos por habitante al día. La medida socioeconómica se conserva como un coeficiente de Ginni máximo de 0,4. Para este caso la zona *as* se encuentra en el cuadrante inferior izquierdo, *ac* en el cuadrante superior izquierdo, *sc* en el cuadrante inferior derecho y *cc* en el cuadrante superior derecho.

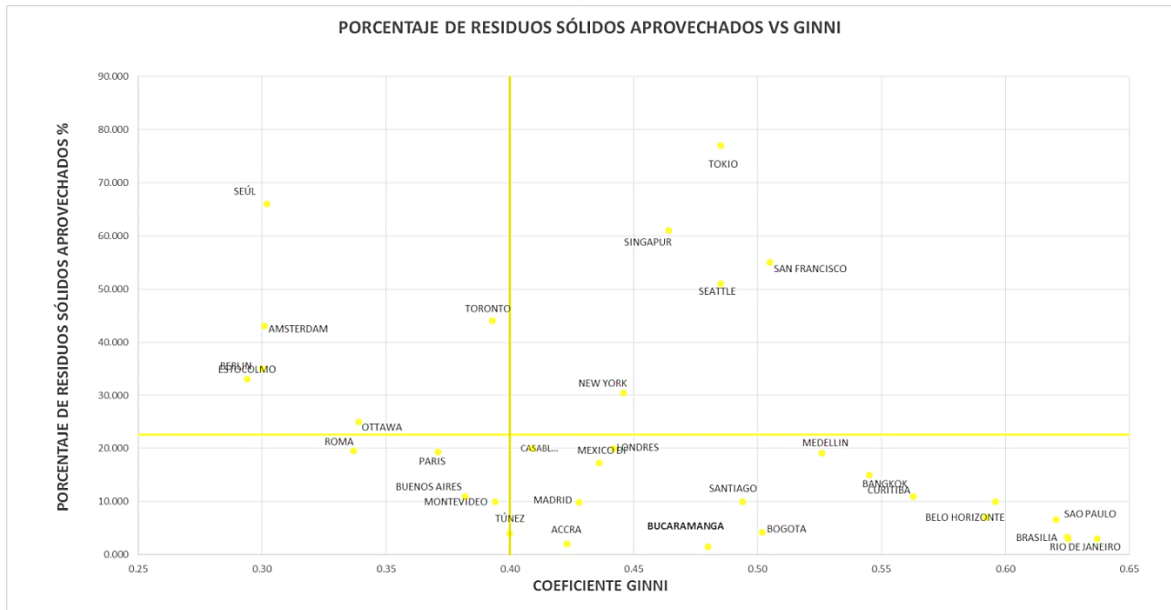
**Figura 26. Evaluación de Sostenibilidad de Cantidad de residuos solidos dispuestos en el relleno sanitario.**



En la zona sostenible se encuentran las ciudades de Túnez, Toronto, Berlín, Ámsterdam y Montevideo. Bucaramanga tiene una cantidad de residuos favorable dentro del rango establecido, sin embargo no se encuentra en una posición sostenible debido a su coeficiente Ginni.

**2.8.4.2 Porcentaje de residuos sólidos aprovechados:** Se establece como límite mínimo el promedio de los datos estudiados, 22,6% de los residuos sólidos aprovechados. La medida socioeconómica se conserva como un coeficiente de Ginni máximo de 0,4. . En este caso la zona as se encuentra en el cuadrante inferior izquierdo, ac en el cuadrante superior izquierdo, sc en el cuadrante inferior derecho y cc en el cuadrante superior derecho.

**Figura 27. Evaluación de Sostenibilidad de Porcentaje de Residuos Sólidos Aprovechados**

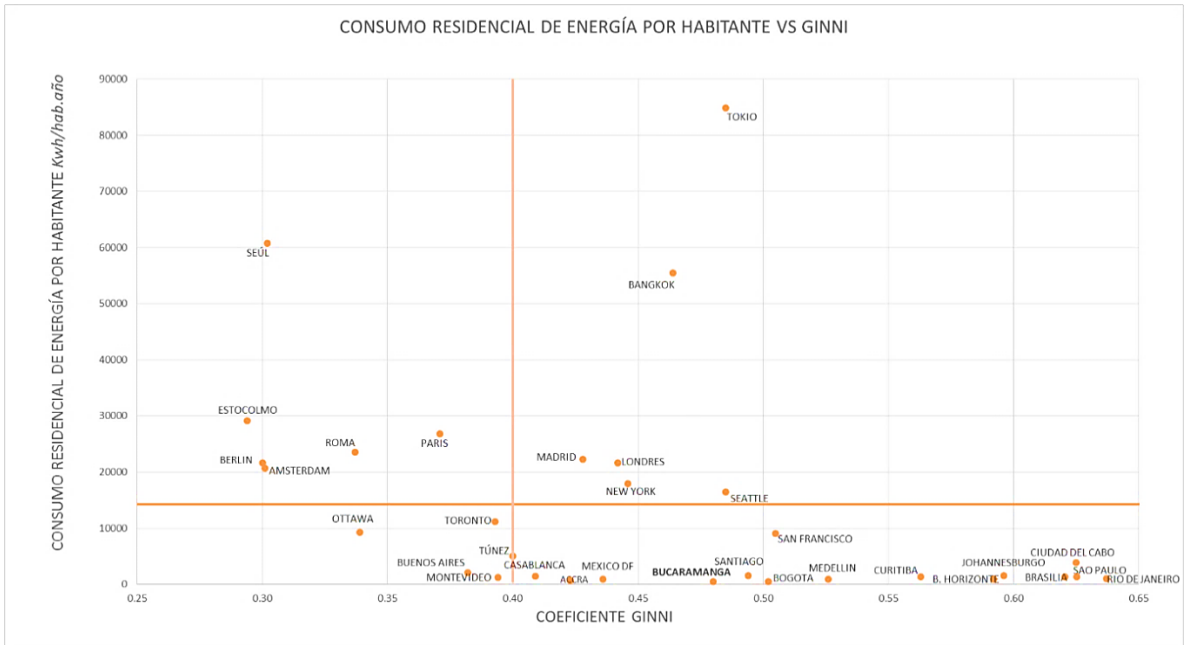


Se destacan en este indicador las ciudades de Seúl, Ámsterdam, Berlín, Estocolmo, Toronto y Ottawa en la zona sostenible. Infelizmente en este aspecto la ciudad de Bucaramanga se encuentra como la más desfavorable teniendo el índice más bajo de residuos sólidos aprovechados.

## 2.8.5 Energía

**2.8.5.1 Consumo residencial de energía por habitante:** El límite establecido para consumo de energía es de 14280 kilowatts por habitante al año, que es el consumo medio de las ciudades estudiadas. Como límite socioeconómico se mantiene un máxima de 0,4 en el coeficiente Ginni. Para este caso la zona as se encuentra en el cuadrante inferior izquierdo, ac en el cuadrante superior izquierdo, sc en el cuadrante inferior derecho y cc en el cuadrante superior derecho.

**Figura 28. Consumo Residencial de Energía por Habitante**



Dentro de la zona sostenible para este grafico se encuentran Ottawa, Toronto, Buenos aires, Tunes y Montevideo. Bucaramanga se sitúa como uno de los menores consumidores de energía, sin embargo la condición socioeconómica no le permite estar en la zona sostenible.

## 2.9 CONSTRUCCIÓN DEL ÍNDICE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL URBANA

**2.9.1 Puntaje para cada indicador** Con el propósito de comparar puntos de datos entre distintas ciudades y calcular puntajes agregados de cada ciudad, los datos recolectados de diversas fuentes tuvieron que hacerse equiparables. Para esto, los indicadores cuantitativos fueron ‘normalizados’ en una escala de 0 a 10, donde a la mejor ciudad se le otorgó un puntaje de 10 y la peor de 0. La mayoría de los indicadores utilizan un cálculo de mínimo – máximo (min–máx.), donde la mejor ciudad recibe 10 puntos y la peor recibe 0. Por ejemplo en el indicador de consumo residencial de agua, el menor consumo lo presenta la ciudad de Belo

Horizonte, entonces esta ciudad recibe un puntaje de 10, mientras que Buenos Aires, la ciudad con mayor consumo de agua recibe un puntaje de 0. En este caso particular siguiendo la normalización indicada anteriormente, Bucaramanga obtiene un puntaje de 7.4 en el indicador.

En algunos casos se insertaron puntos de referencia razonables para evitar que datos dispersos sesgaran la distribución de puntajes. En estos casos se calificaron las ciudades contra un punto de referencia superior o inferior. Por ejemplo, en el indicador de superficie verde por habitante, se da puntaje de 10 a aquellas ciudades que tienen un área verde por habitante mayor a 9 metros cuadrados, ya que este es nuestro dato de referencia, como mencionamos antes, la ciudad de Brasilia fue excluida del análisis debido a que se presentaba como dato atípico, sin embargo se considera que cumple con el espacio verde aconsejado entonces tiene un puntaje de 10.

**2.9.2 Puntaje total para cada ciudad** Al formular el puntaje total para cada una de las ciudades lo más sencillo sería realizar la media ponderada de las categorías y subcategorías planteadas en el estudio, sin embargo se sobrevalorarían algunas características que están fuera del alcance de la manera de gestionar las ciudades.

Entonces se decide plantear para las categorías los porcentajes como se explica a continuación. Tal como se vio en la categoría de energía, solo cuenta con un indicador, consumo residencial de energía, y como se puede observar en la gráfica las diferencias de consumo de las ciudades ubicadas en el hemisferio norte son realmente elevadas con respecto a las del hemisferio sur, esto se debe a que las ciudades del norte emplean más electrodomésticos para regular la temperatura en la que se encuentran, debido a esta diferencia se asume un peso de 10% en la ponderación final del índice. Las categorías de agua y aire representan el 25% respectivamente del índice general ya que son las que tienen más indicadores que

las evalúan , cada una cuenta con tres indicadores lo que genera más precisión, sus indicadores serán ponderados con los mismo pesos. La categoría de residuos sólidos equivale al 20% del índice final y sus indicadores tendrán igual peso dentro de la misma. Por último la categoría de suelo también equivale el 20% del índice, pero a diferencia de la categoría de residuos sólidos, sus indicadores tendrán diferente porcentaje, asignando el 70% de la categoría al indicador de superficie verde por habitante ya que se considera un factor con mucha más importancia en el desarrollo sostenible de las ciudades con respecto a la densidad demográfica, pues una ciudad que se densamente poblada puede lograr la sostenibilidad, en este estudio se usa el indicador de densidad con el objetivo de mostrar la ocupación del suelo. La fijación del índice final se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 28. Estimacion General del indice de Sostenibilidad Ambiental Urbana**

INDICADORES		%	
Green	Superficie verde urbana por habitante	<i>m2/hab</i>	70.0
	Densidad demografica	<i>hab/km2</i>	30.0
<b>Porcentaje del indicador</b>		20%	
Red	Nivel de dióxido de nitrógeno	<i>[μ g/m3]</i>	33.3
	Nivel de dióxido de sulfuro	<i>[μ g/m3]</i>	33.3
	Calidad del aire <i>PM10</i>	<i>[μ g/m3]</i>	33.3
<b>Porcentaje del indicador</b>		25%	
Blue	Consumo residencial de agua por habitante	<i>L/hab.dia</i>	33.3
	Acceso a agua potable	%	33.3
	Fugas de agua	%	33.3
<b>Porcentaje del indicador</b>		25%	
Yellow	Cantidad de residuos solidos por habitante dispuestos en relleno	<i>Kg/hab.dia</i>	50
	Porcentaje de residuos solidos aprovechados	%	50
<b>Porcentaje del indicador</b>		20%	
Orange	Consumo residencial de energia por habitante	<i>Kwh/hab.año</i>	100
<b>Porcentaje del indicador</b>		10%	

De este modo el resultado final para las categorías es el siguiente.

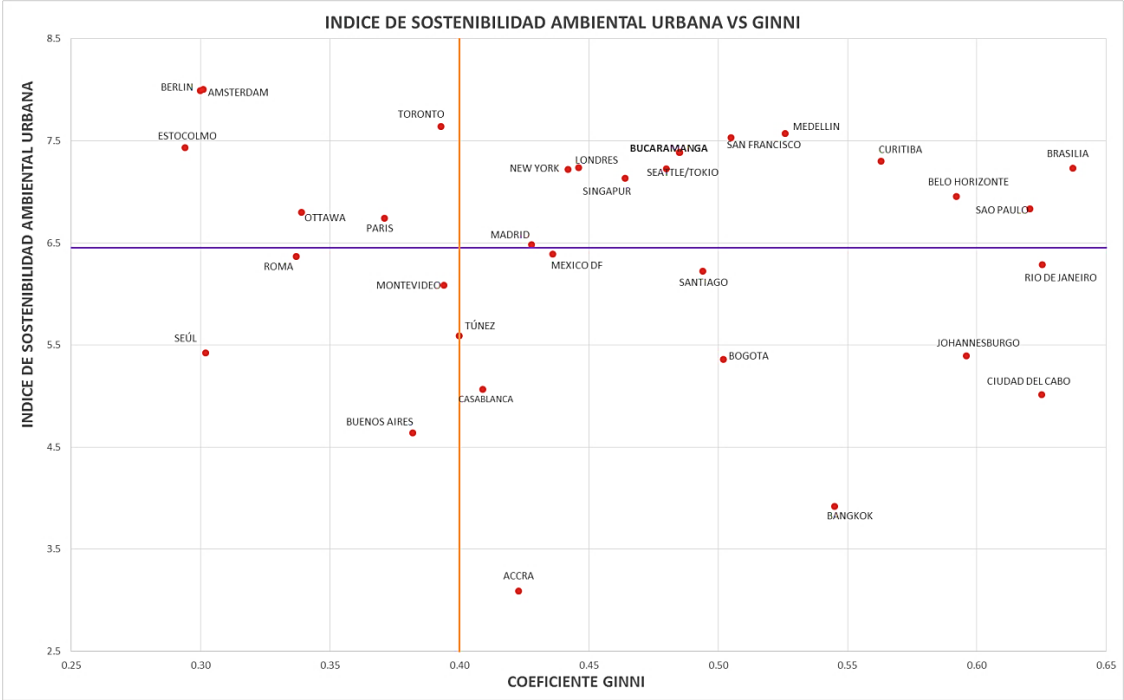
**Tabla 29 Evaluación del Índice de Sostenibilidad Ambiental Urbana para las Ciudades Analizadas**

CIUDADES		SUELO	AIRE	AGUA	RESIDUOS SÓLIDOS	ENERGÍA	INDICE FINAL
BUCARAMANGA	Colombia	8.6	7.7	7.2	3.9	10.0	7.2
MEDELLIN	Colombia	9.6	6.3	7.5	6.0	10.0	7.6
BOGOTA	Colombia	4.3	3.1	7.4	4.4	10.0	5.4
SAO PAULO	Brasil	9.0	6.7	7.1	3.0	9.9	6.8
RIO DE JANEIRO	Brasil	9.3	6.6	4.8	2.9	9.9	6.3
BELO HORIZONTE	Brasil	9.0	7.0	5.4	5.4	10.0	7.0
BRASILIA	Brasil	10.0	8.6	7.7	0.8	9.9	7.2
CURITIBA	Brasil	9.4	7.9	6.7	3.8	9.9	7.3
MONTEVIDEO	Uruguay	9.7	3.2	5.6	4.8	9.9	6.1
BUENOS AIRES	Argentina	5.0	4.1	4.2	3.0	9.8	4.6
SANTIAGO	Chile	8.5	4.8	6.9	3.2	9.9	6.2
MEXICO DF	México	9.2	4.1	6.9	4.1	9.9	6.4
BERLIN	Alemania	9.5	7.8	9.3	5.4	7.5	8.0
MADRID	España	9.3	4.3	8.6	3.2	7.4	6.5
LONDRES	UK	9.3	7.3	8.1	3.9	7.5	7.2
AMSTERDAM	Holanda	9.4	7.4	9.4	5.8	7.6	8.0
PARIS	Francia	7.0	7.2	8.3	3.8	6.9	6.7
ROMA	Italia	9.7	5.5	6.7	3.3	7.3	6.4
ESTOCOLMO	Suecia	9.4	9.3	6.7	4.5	6.6	7.4
SINGAPUR	Singapur	9.0	6.3	8.5	8.1	0.0	7.1
BANGKOK	Tailandia	3.8	5.2	3.1	3.7	3.5	3.9
TOKIO	Japón	9.2	6.8	8.3	8.8	0.0	7.4
SEÚL	Corea del Sur	7.6	2.8	8.3	4.3	2.9	5.4
TORONTO	Canadá	8.6	7.5	7.5	6.5	8.7	7.6
OTTAWA	Canadá	10.0	2.6	8.0	6.4	9.0	6.8
SAN FRANCISCO	EEUU	7.5	8.2	7.0	6.6	9.0	7.5
SEATTLE	EEUU	9.0	5.2	7.3	8.2	8.1	7.4
NEW YORK	EEUU	7.2	8.1	8.1	4.8	7.9	7.2
CIUDAD DEL CABO	Sudáfrica	9.8	0.0	6.2	2.7	9.6	5.0
JOHANNESBURGO	Sudáfrica	9.7	0.0	6.5	4.2	9.9	5.4
CASABLANCA	Marruecos	9.6	0.0	5.1	4.4	9.9	5.1
ACCRA	Ghana	1.4	0.0	4.6	3.4	10.0	3.1
TÚNEZ	Túnez	9.4	0.0	7.0	5.1	9.5	5.6

## 2.10 EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD DEL ÍNDICE TOTAL

Ahora es interesante encuadrar el índice propuesto en el marco global de sostenibilidad, es decir, incluyendo las dimensiones social y económica. Esto se realizara incluyendo el coeficiente Ginni en una gráfica comparativa.

**Figura 29. Evaluación de Sostenibilidad del Índice Total**



### 3. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados completos de las 33 ciudades del Índice calculado incluyendo los resultados generales y las ubicaciones dentro de las cinco categorías individuales. Las ciudades se ubicaron con respecto al desempeño de la ciudad de Bucaramanga que van desde “muy por debajo” hasta “muy por encima” con el objetivo de realizar la retroalimentación de Bucaramanga. En esta etapa también se explica la razón por la cual las diferentes ciudad que lideran cada categoría y sus modos de actuación y estrategias.

#### 3.1 RESULTADO POR CATEGORÍAS

**3.1.1 Suelo** La categoría de suelo tiene una media ponderada de 8.4, a pesar que la ciudad de Bucaramanga se encuentra en la posición 23 logra estar por encima de la media. En esta categoría se destacan ciudad que cuentan con una extensión de área considerablemente mayor con respecto a Bucaramanga, lo que hace más probable que tengan una menor densidad demográfica y una mayor superficie verde, es el caso de Brasilia y Ottawa las cuales lideran el ranking.

**Tabla 30. Resultado de Evaluación para la Categoría de Suelo**

	CIUDADES		SUELO
1	BRASILIA	<i>Brasil</i>	10.0
2	OTTAWA	<i>Canadá</i>	10.0
3	CIUDAD DEL CABO	<i>Sudáfrica</i>	9.8
4	ROMA	<i>Italia</i>	9.7
5	JOHANNESBURGO	<i>Sudáfrica</i>	9.7
6	MONTEVIDEO	<i>Uruguay</i>	9.7
7	CASABLANCA	<i>Marruecos</i>	9.6
8	MEDELLIN	<i>Colombia</i>	9.6
9	BERLIN	<i>Alemania</i>	9.5
10	CURITIBA	<i>Brasil</i>	9.4
11	TÚNEZ	<i>Túnez</i>	9.4
12	ESTOCOLMO	<i>Suecia</i>	9.4
13	AMSTERDAM	<i>Holanda</i>	9.4
14	MADRID	<i>España</i>	9.3
15	RIO DE JANEIRO	<i>Brasil</i>	9.3
16	LONDRES	<i>UK</i>	9.3
17	TOKIO	<i>Japón</i>	9.2
18	MEXICO DF	<i>México</i>	9.2
19	SINGAPUR	<i>Singapur</i>	9.0
20	SAO PAULO	<i>Brasil</i>	9.0
21	BELO HORIZONTE	<i>Brasil</i>	9.0
22	SEATTLE	<i>EEUU</i>	9.0
23	BUCARAMANGA	<i>Colombia</i>	8.6
24	TORONTO	<i>Canadá</i>	8.6
25	SANTIAGO	<i>Chile</i>	8.5
26	SEÚL	<i>Corea del Sur</i>	7.6
27	SAN FRANCISCO	<i>EEUU</i>	7.5
28	NEW YORK	<i>EEUU</i>	7.2
29	PARIS	<i>Francia</i>	7.0
30	BUENOS AIRES	<i>Argentina</i>	5.0
31	BOGOTA	<i>Colombia</i>	4.3
32	BANGKOK	<i>Tailandia</i>	3.8
33	ACCRA	<i>Ghana</i>	1.4

Brasilia es una ciudad reconocida por su planeación urbana, fue una ciudad fundada en la década de los 60s construida para ser el epicentro administrativo de Brasil. Brasilia fue diseñada con una gran cantidad de parques, se reportan una cantidad de 67<sup>24</sup> parques y diferentes áreas de conservación protegidos por rigurosas leyes de medio ambiente y plan de manejo de tierra. Por otro lado, Ottawa presenta estrategias de protección forestal en el área urbana, como la iniciativa de convertir en pequeños bosques las áreas verdes y el programa

<sup>24</sup> SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO URBANO, Habitação e Meio Ambiente de Brasilia 2009

Ottawa's Green Acres que brinda capacitación y asistencia en la plantación de árboles por parte de sus residentes<sup>25</sup>.

**3.1.2 Aire** En la categoría de aire se registra una media de 5.2 en el puntaje, ubicándose Bucaramanga por encima de la media. La falta de información para las ciudades africanas hace prácticamente inválida la categoría para ellas. Encabeza la lista la ciudad de Estocolmo con una diferencia relativamente grande con respecto a las otras ciudades.

**Tabla 31. Resultado de Evaluación para la Categoría de Aire.**

	CIUDADES	AIRE
1	ESTOCOLMO <i>Suecia</i>	9.3
2	BRASILIA <i>Brasil</i>	8.6
3	SAN FRANCISCO <i>EEUU</i>	8.2
4	NEW YORK <i>EEUU</i>	8.1
5	CURITIBA <i>Brasil</i>	7.9
6	BERLIN <i>Alemania</i>	7.8
7	BUCARAMANGA <i>Colombia</i>	7.7
8	TORONTO <i>Canadá</i>	7.5
9	AMSTERDAM <i>Holanda</i>	7.4
10	LONDRES <i>UK</i>	7.3
11	PARIS <i>Francia</i>	7.2
12	BELO HORIZONTE <i>Brasil</i>	7.0
13	TOKIO <i>Japón</i>	6.8
14	SAO PAULO <i>Brasil</i>	6.7
15	RIO DE JANEIRO <i>Brasil</i>	6.6
16	MEDELLIN <i>Colombia</i>	6.3
17	SINGAPUR <i>Singapur</i>	6.3
18	ROMA <i>Italia</i>	5.5
19	SEATTLE <i>EEUU</i>	5.2
20	BANGKOK <i>Tailandia</i>	5.2
21	SANTIAGO <i>Chile</i>	4.8
22	MADRID <i>España</i>	4.3
23	BUENOS AIRES <i>Argentina</i>	4.1
24	MEXICO DF <i>México</i>	4.1
25	MONTEVIDEO <i>Uruguay</i>	3.2
26	BOGOTA <i>Colombia</i>	3.1
27	SEÚL <i>Corea del Sur</i>	2.8
28	OTTAWA <i>Canadá</i>	2.6
29	CIUDAD DEL CABO <i>Sudáfrica</i>	0.0
30	JOHANNESBURGO <i>Sudáfrica</i>	0.0
31	CASABLANCA <i>Marruecos</i>	0.0
32	ACCRA <i>Ghana</i>	0.0
33	TÚNEZ <i>Túnez</i>	0.0

<sup>25</sup> Trust for Public Land; US Census Bureau

Estocolmo se ha propuesto rigurosamente la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Entre 1990 y 2010, las emisiones de gases de efecto invernadero cayeron en un 25% por habitante. La mayoría de sus medidas están encaminadas a la regulación y posterior eliminación en el uso de combustible fósiles en sus actividades cotidianas, por ejemplo la investigación de energías alternativas en sus medios de transportes masivos, la implementación de infraestructuras para vehículos eléctricos o híbridos por medio de la iniciativa Clean Vehicles in Stockholm y la creación de impuestos de tráfico, mejorando con ello la calidad del aire.<sup>26</sup>

**3.1.3 Agua** Esta categoría presenta una media de 7.0 en el ranking de ciudades, Bucaramanga se encuentra justo encima de la media con una puntuación de 7.2. Lideran la lista de manera destacada las ciudades de Ámsterdam y Berlín.

---

<sup>26</sup> CIUDADES DEL FUTURO movilidad SOSTENIBLE EN Estocolmo [en línea] disponible en. <http://www.ciudadesdelfuturo.es/movilidad-sostenible-en-estocolmo.php>

**Tabla 32. Resultado de Evaluación para la Categoría de Agua.**

	CIUDADES	AGUA	
1	AMSTERDAM	Holanda	9.4
2	BERLIN	Alemania	9.3
3	MADRID	España	8.6
4	SINGAPUR	Singapur	8.5
5	PARIS	Francia	8.3
6	TOKIO	Japón	8.3
7	SEÚL	Corea del Sur	8.3
8	NEW YORK	EEUU	8.1
9	LONDRES	UK	8.1
10	OTTAWA	Canadá	8.0
11	BRASILIA	Brasil	7.7
12	TORONTO	Canadá	7.5
13	MEDELLIN	Colombia	7.5
14	BOGOTA	Colombia	7.4
15	SEATTLE	EEUU	7.3
16	BUCARAMANGA	Colombia	7.2
17	SAO PAULO	Brasil	7.1
18	SAN FRANCISCO	EEUU	7.0
19	TÚNEZ	Túnez	7.0
20	MEXICO DF	México	6.9
21	SANTIAGO	Chile	6.9
22	CURITIBA	Brasil	6.7
23	ROMA	Italia	6.7
24	ESTOCOLMO	Suecia	6.7
25	JOHANNESBURGO	Sudáfrica	6.5
26	CIUDAD DEL CABO	Sudáfrica	6.2
27	MONTEVIDEO	Uruguay	5.6
28	BELO HORIZONTE	Brasil	5.4
29	CASABLANCA	Marruecos	5.1
30	RIO DE JANEIRO	Brasil	4.8
31	ACCRA	Ghana	4.6
32	BUENOS AIRES	Argentina	4.2
33	BANGKOK	Tailandia	3.1

La ciudad de Ámsterdam tiene uno de los consumos más bajos de agua en el hemisferio norte, el buen aprovechamiento del agua se debe a dos factores fundamentales, el primero tiene que ver con el cuidado y protección de la red de abastecimiento, por medio de inversión en materiales de calidad para sus construcción y constantes supervisiones de operación y mantenimiento; el segundo tiene que ver la de concientización sobre consumo medido de agua por medio de campañas y educación pública, que es recibida de manera efectiva por la comunidad. Con respecto a Berlín es significativo destacar la eficiencia con que gestiona sus recursos por medio de protección a su sistema de

abastecimiento y la promoción de aparatos de bajo consumo exigidos por la legislación.<sup>27</sup>

**3.1.4 Residuos sólidos** La categoría de residuos sólidos presenta una media de 4.6, la media más baja, debido a la diferencia abismal entre los indicadores de las ciudades que encabezan la lista, Tokio, Seattle y Singapur y las ciudades que están en la cola, Rio de Janeiro, Ciudad del Cabo y Brasilia. La diferencia está fuertemente sesgada por el aprovechamiento de residuos en las ciudades. En este caso, Bucaramanga se encuentra por debajo de la media.

**Tabla 33 Resultado de Evaluación para la Categoría de Residuos Sólidos**

	CIUDADES	RESIDUOS SÓLIDOS
1	TOKIO <i>Japón</i>	8.8
2	SEATTLE <i>EEUU</i>	8.2
3	SINGAPUR <i>Singapur</i>	8.1
4	SAN FRANCISCO <i>EEUU</i>	6.6
5	TORONTO <i>Canadá</i>	6.5
6	OTTAWA <i>Canadá</i>	6.4
7	MEDELLIN <i>Colombia</i>	6.0
8	AMSTERDAM <i>Holanda</i>	5.8
9	BERLIN <i>Alemania</i>	5.4
10	BELO HORIZONTE <i>Brasil</i>	5.4
11	TÚNEZ <i>Túnez</i>	5.1
12	NEW YORK <i>EEUU</i>	4.8
13	MONTEVIDEO <i>Uruguay</i>	4.8
14	ESTOCOLMO <i>Suecia</i>	4.5
15	BOGOTA <i>Colombia</i>	4.4
16	CASABLANCA <i>Marruecos</i>	4.4
17	SEÚL <i>Corea del Sur</i>	4.3
18	JOHANNESBURGO <i>Sudáfrica</i>	4.2
19	MEXICO DF <i>México</i>	4.1
20	BUCARAMANGA <i>Colombia</i>	3.9
21	LONDRES <i>UK</i>	3.9
22	PARIS <i>Francia</i>	3.8
23	CURITIBA <i>Brasil</i>	3.8
24	BANGKOK <i>Tailandia</i>	3.7
25	ACCRA <i>Ghana</i>	3.4
26	ROMA <i>Italia</i>	3.3
27	MADRID <i>España</i>	3.2
28	SANTIAGO <i>Chile</i>	3.2
29	SAO PAULO <i>Brasil</i>	3.0
30	BUENOS AIRES <i>Argentina</i>	3.0
31	RIO DE JANEIRO <i>Brasil</i>	2.9
32	CIUDAD DEL CABO <i>Sudáfrica</i>	2.7
33	BRASILIA <i>Brasil</i>	0.8

<sup>27</sup> European Green city index

Tokio es una ciudad que colecta y dispone adecuadamente el 100% de su residuos sólidos, esto se debe a un riguroso sistema de clasificación y reciclaje de sus residuos sólidos. La estrategia es completa y eficiente, se entregan manuales muy específicos a los hogares, donde se describe de manera detallada el debido tratamiento y disposición de cada residuo, por ejemplo, un recipiente de jugo tetra pack, se debe retirar la tapa, dependiendo del material se clasifica como combustible o no combustible, posteriormente el recipiente debe ser lavado, secado y desplegado de tal manera que ocupe el menor espacio posible. Posteriormente los residuos son dispuestos en bolsas con la menor espesura posible, con el fin de que al ser incineradas generen la menor emisión de gases tóxicos posibles, dado el caso que a persona no utilice la bolsa adecuada, el sistema de recolección sencillamente no la recoge, y si la residuos sólidos queda en la calle sin ser recogida, es impuesta una sanción económica. Además, cada hogar tiene un límite de generación de residuos sólidos y de tipo de residuos sólidos, si estos límites son excedidos, la persona debe programar una cita previa con la operadora del servicio de colecta para que el excedente de residuos sólidos sea recogido y asimismo pagar una multa. Al llegar a las plantas de disposición es aprovechado al máximo cada material, y en el final se incinera lo que no se considera útil, a partir de esta incineración se aprovecha toda la energía resultante del proceso.<sup>28</sup>

**3.1.5 Energía** La categoría de energía presenta una media de 8.1, vale aclarar que esta categoría solo tiene un indicador que es el consumo de energía. En la lista encabezan la mayoría de las ciudades latinoamericanas, destacándose con el menor consumo la ciudad de Bogotá. Las ciudades peor posicionadas son Tokio y Singapur. En cuanto a Bucaramanga se encuentra como la segunda ciudad con menor consumo energético por persona.

---

<sup>28</sup> JAPAN [en línea] disponible en: <http://www.japan.go.jp/>

**Tabla 34. Resultado de Evaluación para la Categoría de Energía**

	CIUDADES		ENERGÍA
1	BOGOTA	<i>Colombia</i>	10.0
2	BUCARAMANGA	<i>Colombia</i>	10.0
3	ACCRA	<i>Ghana</i>	10.0
4	BELO HORIZONTE	<i>Brasil</i>	10.0
5	MEDELLIN	<i>Colombia</i>	10.0
6	MEXICO DF	<i>México</i>	9.9
7	BRASILIA	<i>Brasil</i>	9.9
8	MONTEVIDEO	<i>Uruguay</i>	9.9
9	RIO DE JANEIRO	<i>Brasil</i>	9.9
10	CURITIBA	<i>Brasil</i>	9.9
11	SAO PAULO	<i>Brasil</i>	9.9
12	CASABLANCA	<i>Marruecos</i>	9.9
13	JOHANNESBURGO	<i>Sudáfrica</i>	9.9
14	SANTIAGO	<i>Chile</i>	9.9
15	BUENOS AIRES	<i>Argentina</i>	9.8
16	CIUDAD DEL CABO	<i>Sudáfrica</i>	9.6
17	TÚNEZ	<i>Túnez</i>	9.5
18	SAN FRANCISCO	<i>EEUU</i>	9.0
19	OTTAWA	<i>Canadá</i>	9.0
20	TORONTO	<i>Canadá</i>	8.7
21	SEATTLE	<i>EEUU</i>	8.1
22	NEW YORK	<i>EEUU</i>	7.9
23	AMSTERDAM	<i>Holanda</i>	7.6
24	BERLIN	<i>Alemania</i>	7.5
25	LONDRES	<i>UK</i>	7.5
26	MADRID	<i>España</i>	7.4
27	ROMA	<i>Italia</i>	7.3
28	PARIS	<i>Francia</i>	6.9
29	ESTOCOLMO	<i>Suecia</i>	6.6
30	BANGKOK	<i>Tailandia</i>	3.5
31	SEÚL	<i>Corea del Sur</i>	2.9
32	SINGAPUR	<i>Singapur</i>	0.0
33	TOKIO	<i>Japón</i>	0.0

Más del 80% de la energía que es suministrada en la ciudad de Bogotá, proviene de hidroeléctricas, lo que es un gran beneficio a; tener fuentes contribuidoras de bajo impacto en la emisión de co2. El clima de Bogotá por lo general varía entre 13 y 18 grados centígrados por lo que el uso del aire acondicionado es prescindible. El bajo consumo residencial se debe a diferentes campañas de concientización sobre el uso racional de la energía y también a incrementos altos en las tarifas de energía en el caso de exceso de consumo.

### 3.2 RESULTADO GENERAL

En la construcción final del índice resultan como líderes en sostenibilidad ambiental urbana las ciudades de Ámsterdam y Berlín, debido al buen desempeño en los indicadores de dichas ciudades. Campañas de concientización, implementación de políticas públicas y el desarrollo tecnológico son la principal de causa de la sostenibilidad de estas ciudades. Bucaramanga en el ranking general se ubica en la posición doce y se encuentra encima de la media de general de 6.5.

**Tabla 35. Resultado de Evaluacion General**

	CIUDADES		INDICE FINAL
1	AMSTERDAM	<i>Holanda</i>	8,0
2	BERLIN	<i>Alemania</i>	8,0
3	TORONTO	<i>Canadá</i>	7,6
4	MEDELLIN	<i>Colombia</i>	7,6
5	SAN FRANCISCO	<i>EEUU</i>	7,5
6	ESTOCOLMO	<i>Suecia</i>	7,4
7	TOKIO	<i>Japón</i>	7,4
8	SEATTLE	<i>EEUU</i>	7,4
9	CURITIBA	<i>Brasil</i>	7,3
10	NEW YORK	<i>EEUU</i>	7,2
11	BRASILIA	<i>Brasil</i>	7,2
12	BUCARAMANGA	<i>Colombia</i>	7,2
13	LONDRES	<i>UK</i>	7,2
14	SINGAPUR	<i>Singapur</i>	7,1
15	BELO HORIZONTE	<i>Brasil</i>	7,0
16	SAO PAULO	<i>Brasil</i>	6,8
17	OTTAWA	<i>Canadá</i>	6,8
18	PARIS	<i>Francia</i>	6,7
19	MADRID	<i>España</i>	6,5
20	MEXICO DF	<i>México</i>	6,4
21	ROMA	<i>Italia</i>	6,4
22	RIO DE JANEIRO	<i>Brasil</i>	6,3
23	SANTIAGO	<i>Chile</i>	6,2
24	MONTEVIDEO	<i>Uruguay</i>	6,1
25	TÚNEZ	<i>Túnez</i>	5,6
26	SEÚL	<i>Corea del Sur</i>	5,4
27	JOHANNESBURGO	<i>Sudáfrica</i>	5,4
28	BOGOTA	<i>Colombia</i>	5,4
29	CASABLANCA	<i>Marruecos</i>	5,1
30	CIUDAD DEL CABO	<i>Sudáfrica</i>	5,0
31	BUENOS AIRES	<i>Argentina</i>	4,6
32	BANGKOK	<i>Tailandia</i>	3,9
33	ACCRA	<i>Ghana</i>	3,1

#### 4. CONCLUSIONES

El análisis comparativo de sostenibilidad ambiental urbana propuesto en este estudio, donde se consideraron los indicadores de calidad ambiental como base de comparación , concluye que:

- Bucaramanga se encuentra por encima del desempeño promedio de indicadores de calidad ambiental según la evaluación del índice propuesto, sin embargo debido a la desfavorable situación del coeficiente Ginni, indicador socioeconómico considerado , la ciudad no puede declararse como sostenible.
- La ciudad de Bucaramanga, aunque en el ranking general no se encuentra en situación crítica, si necesita generar estrategias factibles y eficientes que mitiguen el impacto ambiental generado por la urbe.
- El manejo de los residuos sólidos es la mayor debilidad que la ciudad de Bucaramanga presenta en cuanto a calidad ambiental, teniendo cifras lamentables como el reciclaje de tan solo el 1.5% de la residuos sólidos total.
- La falta de datos para algunos tópicos fue uno de los mayores problemas al realizar el análisis de comparación, como es el caso de las ciudades africanas, que no registraban información accesible de los indicadores de calidad del aire , esto genero falta de puntos en el indicador y por ende baja ponderación en el índice general.

## 5. RECOMENDACIONES

A continuación se presentan algunas recomendaciones para el estado de sostenibilidad ambiental urbana en la ciudad de Bucaramanga obtenidas a lo largo del estudio.

- La accesibilidad de los datos a los ciudadanos es indispensable para la medición y discernimiento de la evolución del desempeño ambiental de las áreas urbanas. En Bucaramanga se presentaron problemas en la obtención de los datos de diversas categorías, ya que la transición de la información entre diferentes entidades de la ciudad genera vacíos , como es el caso de la transición entre CDMB (Corporación para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga) y la administración de la administración del AMB (Área Metropolitana de Bucaramanga). La accesibilidad buscada se puede lograr de muchas maneras, una que se destaca es a través de la implementación de bases de datos dinámicas, como es realizado por el programa brasilero Ciudades Sustentaveis , donde se encuentra de manera rápida y sencilla los diferentes indicadores ambientales y su evolución en el tiempo de las diferentes ciudades.
- La ejecución de programas de forestación y plantación es el común denominador en las ciudades con alto índice en la categoría de suelo, la administración de Bucaramanga generar espacios para la formulación de programas de incentivación e implementación de cultivos de diferentes especies de plantas favorables para el dinamismo urbano por parte de la ciudadanía en general ,Además formular normativas para integrar más el aspecto verde en las construcciones.
- En su mayoría, el mayor emisor de agentes contaminantes del aire en las áreas urbanas viene del sector de transporte, se deben proponer e implementar más inspecciones y controles para la regulación del tráfico,

también incentivar para el uso de medios de transporte más sostenibles, como lo son las bicicletas o los vehículos híbridos.

- Se deben generar campañas de concientización de consumo de agua y energía más efectivas por parte de la administración, ya que el consumo depende totalmente de los usuarios. Del mismo modo debe difundirse información sobre alternativas accesibles, como aparatos, dispositivos y/o instalaciones, que disminuyan el consumo.
- La correcta planificación y posterior protección de las redes de abastecimiento de agua son los requisitos imprescindibles para disminuir el porcentaje de fugas. La elección de materiales de calidad, la adecuada proyección y el monitoreamiento acertado son fundamentales para proteger el agua de las redes.
- Como se mostró anteriormente, el tratamiento de los residuos sólidos en la ciudad de Bucaramanga es totalmente inadecuado. El principal problema no es la generación, es la disposición de los residuos sólidos. A pesar de diferentes campañas de concientización las personas no reciclan de manera óptima, ya que por lo general, quienes lo intentan, solamente separan los residuos orgánicos del resto de los residuos sólidos, o si se genera reciclaje correcto por parte de los usuarios las operadoras de servicio no colectan de manera correcta, ya que no están estandarizados y establecidos los esquemas de depósito de residuos sólidos. Una posible solución es dicha estandarización establecida de la colecta de residuos sólidos y normativas que sancionen la disposición indebida de los residuos.

## BIBLIOGRAFIA

BRUNDTLAND, Gro Harlem; *Our Common future*; first edition; Oxford University Press, 1987,p. 38.

CAGMANI, Roberto “Toward sustainable city policy: an economy- environment technology nexus”. En: *Ecological Economics*, No. 24. Boston: ISEE, 1998 pp. 103-118.

CARRASCO AQUINO, Roque Juan *La ciudad sostenible, movilidad y desarrollo metropolitano, su aplicación y análisis comparativo entre las ares metropolitanas de Vallés y Puebla*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña. 2000 Disponible en la World Wide Web: <http://www.tdr.cesca.es/>.

CASTRO BONAÑO, Marcos *Indicadores de desarrollo sostenible urbano. Una aplicación para Andalucía*. Tesis doctoral, Universidad de Málaga, España. 2002 Disponible en la World Wide Web: <http://www.eumed.net/tesis/jmc/ficha.htm>.

CONSEJO INTERNACIONAL DE INICIATIVAS AMBIENTALES LOCALES, ICLEI *Guía europea para la planificación de las agendas 21 locales*. Bilbao: Ed. Bakeaz. 1998

CONTRALORÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA, CGR *Estado de los recursos naturales y del ambiente 2008-2009*. Bogotá: Imprenta Nacional. 2009

DEMOGRAPHIA WORLD URBAN AREAS: *Population & Projections*. 6th Annual Edition. Disponible en la World Wide Web: <http://www.demographia.com//db-worldua.pdf>

DÍAZ ARTEAGA, Adriana; GRANADOS, Sandra; SALDAÑA BARAHONA, Andrea; Minambiente. Informe nacional de calidad ambiental Urbana: Áreas urbanas con población superior a 500.000 habitantes. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014, p. 15.

WHO Domestic Water Quantity, Service Level and Health. [en línea] [citado el 20 de mayo de 2016] disponible en: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases/WSH03.02.pdf?ua=1](http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/WSH03.02.pdf?ua=1)

ECONOMIST INTELLIGENCE UNIT; Latinoamerica Green city index; Siemens AG; Munich, Alemania, 2010; p. 1 - 49.

ESCOBAR, Luis “Indicadores sintéticos de calidad ambiental: un modelo general para grandes zonas urbanas”. En: *Revista Eure*, vol. XXXII, No. 96, Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2006 pp. 73-98.

HAUGHTON, G y HUNTER, C. *Sustainable Cities*. London: Jessica Kingsley Publishers. 1994

LEV, Germán (). *Indicadores de calidad de vida urbana*. Universidad Nacional de Quilmes. Buenos Aires. 2005 [en línea] Disponible en la World Wide Web: [http://hm.unq.edu.ar/archivos\\_hm/GL\\_ICVU.pdf](http://hm.unq.edu.ar/archivos_hm/GL_ICVU.pdf)

MANGADA, Eduardo “Ciudad compacta - ciudad dispersa”. En: *Revista Iberoamericana de Sostenibilidad*, año 4, No. 32, febrero. 2008

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE *Guía de gestión administrativa para la aplicación del SIGAM*. Ministerio de Medio Ambiente, Colombia. 2002

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. AGENCIA DE ECOLOGÍA URBANA DE BARCELONA *Libro Verde de medio ambiente urbano*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, AL21 Red de Redes de Desarrollo Local Sostenible. 2007

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, MMA “Lineamientos generales para la gestión ambiental urbano regional en Colombia”. En: *Problemática jurídico-ambiental de los centros urbanos*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia. 2002

MONKHOUSE F. J. Diccionario de términos geográficos. Barcelona: Oikos-tau ediciones, 1978. p.137

MORÍN, Edgar *Para una política de la civilización*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, S.A. 2009

NAREDO, José Manuel “Sobre el origen, el uso y el contenido del término sostenible”. En: *La construcción de la ciudad sostenible*. 1997 [en línea] *Disponible en la World Wide Web: <http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a004.html>*

NIJKAMP, P y OPSCHOOR, H. “Urban Environmental Sustainability: Critical Issues and Policy Measures in a Third World Context”. En: CHATTERJI (ed.) *Urban Policies in Third World Countries*. New York: Macmillan and St. Martin’s Press, pp. 52-73. 1995

ONU-HÁBITAT *Estado de las ciudades en el mundo 2010-2011: reducir la brecha urbana*. London: London Sterling, VA. ONU-HÁBITAT. 2010

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL,  
COLOMBIA Resolución 610 del 24 de marzo de 2010

REYES, S.; FIGUEROA, I. M.; Distribución, superficie y accesibilidad de las áreas verdes en Santiago de Chile. EURE Revista Latinoamericana de Estudios Urbanos Regionales, 2010

ROJAS, EDUARDO (ed.) et al. *Universidad Alcalá de Henares. Gobernar las metrópolis*. Washington D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo –BID–.2005

RUEDA, Salvador *La ciudad compacta y diversa frente a la conurbación difusa*. 1997 [en línea] Disponible en la World Wide Web: <http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a009.html>.

ZOIDO NARANJO, Florencio *Diccionario de geografía urbana, urbanismo y ordenación del territorio*. Barcelona: Ariel. 2000