



Departamento de posgrados
Maestría en gestión ambiental

“Propuesta de un índice de calidad ambiental para el área urbana de Cuenca.”

**Trabajo de graduación previo la obtención de título:
Magister en gestión ambiental.**

Autoras:

**Arq. Sandra Catalina Albán Crespo
Arq. María Bernarda Peralta Urgilés**

Director:

Mgt. Chester Sellers Walden.

Cuenca- Ecuador.

2017

Agradecemos a:

Ing. Omar Delgado, Director del IERSE por la colaboración brindada para la realización de esta tesis.

Ing. Julia Martínez, funcionaria del IERSE por la guía y asesoramiento técnico dado para el desarrollo de la investigación y datos relacionados al mapa de ruido en la Ciudad.

Ing. Chester Sellers, director de esta tesis quién nos ha guiado en la investigación, interpretación de datos y revisión del estudio.

Ingenieros Elizabeth Rojas, Jefe de Planificación y César Arévalo, Director Técnico la EMAC-EP, por la información relacionada a los datos de desechos sólidos y áreas verdes en la Ciudad.

Dra. Cecilia Arízaga funcionaria de ETAPA-EP, por la información relacionada a los análisis físico químicos del agua.

Arq. Paúl Ortiz, Coordinador de proyectos del GAD Municipal de Cuenca, por la información relacionada a los indicadores de áreas verdes de Cuenca.

Ing. Pablo Peñafiel, Director de Avalúos y Catastros por la información predial del área urbana de Cuenca.

Comisión de Gestión Ambiental por la colaboración brindada para la recopilación de la información.

RESUMEN

El rol de los gobiernos locales es fundamental para definir estrategias y metodologías que permitan conocer la calidad ambiental de la ciudad, para concretar acciones a corto, mediano y largo plazo buscando la mejora continua sobre los parámetros ambientales que se podrían ver afectados debido al crecimiento de la ciudad y que de manera directa pueden incidir sobre la salud de sus habitantes.

En este trabajo investigativo se define una metodología para calcular un índice de calidad ambiental urbano para Cuenca, mismo que se construye a partir de una serie de indicadores ambientales que se actualizan periódicamente.

Palabras claves: indicador, variable, índice, calidad ambiental, parámetros, indicador directo, indicador indirecto.

ABSTRACT

The role of local governments is essential to define strategies and methodologies that make it possible to know the environmental quality of the city in order to concretize short, medium and long term actions. This is carried out with the objective to seek continuous improvement in the environmental parameters that could be affected due to the growth of the city, and which can directly influence the health of its inhabitants. This research paper defined a methodology to calculate the Urban Environmental Quality Index for Cuenca, which is constructed from a series of environmental indicators that are periodically updated.

Keywords: indicator, variable, index, environmental quality, parameters, direct indicator, indirect indicator.




Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

CONTENIDO

Resumen	iii
Introducción.....	1
Capítulo I: Marco teórico	5
1. Índice, indicador y variable.....	5
2. Calidad ambiental.....	8
3. Indicadores aplicados a escala mundial	11
3.1 Sistemas de indicadores ambientales y de desarrollo sostenible	12
4. Índices propuestos en América.....	13
4.1 Índice de Calidad Ambiental EQI – Estados Unidos de América	13
4.2 Índice de calidad Ambiental ICAU – Colombia	18
4.3 Índice de calidad Ambiental ICAUC – Cuenca Ecuador	20
Capítulo II: Área de estudio, materiales y métodos.....	31
5. Área urbana de la ciudad de Cuenca.....	31
6. Materiales, métodos y metodología	32
6.1 Aplicación de un Índice de Calidad Ambiental en la ciudad de Cuenca.....	32
6.2 Indicadores considerados	39
Capítulo III: Resultados, discusión, conclusiones y recomendaciones	58
Referencias bibliográficas.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1.1: Indicadores ambientales y análisis de desempeño

FIGURA N° 2.1: Rangos de valores de contaminantes

FIGURA N° 2.2: Estructura de generación eléctrica en el Ecuador (2014).

FIGURA N° 2.3: Consumo de electricidad por sector – 2014.

FIGURA N° 3.1: Calidad de agua en puntos de muestreo de la ciudad de Cuenca, año 2016.

ÍNDICE DE MAPAS

MAPA N° 2.1: Límite de la zona de estudio, área urbana de Cuenca.

MAPA N° 2.2: Mapa de ruido diurno de la ciudad de Cuenca – año 2016.

MAPA N° 2.3: Mapa de ruido nocturno de la ciudad de Cuenca – año 2016.

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1.1: Indicadores ambientales y sus categorías según OCDE.

TABLA N°1.2: Indicadores ambientales principales y sus categorías - OCDE (actualizado a noviembre del 2006).

TABLA N° 1.3: Ámbitos y variables utilizadas en el Factor Ambiente sano.

TABLA N° 1.4: 56 variables consideradas para la construcción del ICAUC.

TABLA N° 1.5: Evaluación según los valores obtenidos.

TABLA N° 1.6: Resultados ICUAC por parroquia

TABLA N° 2.1: Indicadores directos e indirectos del ICAU.

TABLA N° 2.2: Calificación de los indicadores de calidad ambiental ICAU.

TABLA N° 2.3: Matriz de referencia para la asignación de la calidad ambiental urbana ICAU.

TABLA N° 2.4: Indicadores directos e indirectos considerados para el Índice de Calidad Ambiental de Cuenca.

TABLA N° 2.5: Clasificación y superficie de las áreas verdes de Cuenca - 2014.

TABLA N° 2.6: Valores de los contaminantes correspondientes al año 2016.

TABLA N° 2.7: Puntos de Monitoreo de parámetros físicos del agua en la ciudad de Cuenca.

TABLA N° 2.8: Límites permisibles de ruido ambiente para fuentes fijas.

TABLA N° 2.9: Dotaciones de agua potable recomendada.

TABLA N° 3.1: Puntaje obtenido y calidad ambiental del área urbana de Cuenca.

ÍNDICE DE FÓRMULAS

FÓRMULA N° 1. 1. Cálculo del ICAUC

FÓRMULA N° 2.1. Cálculo del valor final directo ICAU, peso mayor (indicadores directos)

FÓRMULA N° 2.2. Cálculo del valor final indirecto ICAU, peso menor (indicadores indirectos)

FÓRMULA N° 2.3. Cálculo del valor final del índice.

FÓRMULA N° 2.4: Cálculo de áreas verdes ICAU 2016.

FÓRMULA N° 2.5: Cálculo del índice de calidad del aire ICAU

FÓRMULA N° 2.6: Cálculo de la población urbana expuesta a ruido ICAU

FÓRMULA N° 2.7: Cálculo de la cantidad de residuos sólidos por habitante ICAU

FÓRMULA N° 2.8: Cálculo del espacio público efectivo por habitante ICAU

INTRODUCCIÓN

“Se estima que más de la mitad de la población mundial vive en ciudades y de acuerdo con las proyecciones de la Organización de las Naciones Unidas, la mayor parte del crecimiento poblacional en los próximos 30 años se concentrará en centros urbanos” (UN, 2010).

En América Latina se calcula que el 75% de la población vive en ciudades, por lo tanto la relación entre la urbanización y el cambio climático presenta desafíos que traen consigo efectos devastadores en las poblaciones urbanas, como respuesta a esta realidad están surgiendo estrategias y políticas que permitan una adaptación y mitigación al cambio climático, planteamiento clave en el informe *Global report on human settlements: cities and climate change*, Habitat U.N., ya que sostiene el importante papel que tienen las áreas urbanas para fortalecer estas prácticas (HABITAT, U. N. *Global report on human settlements* 2011).

El mismo informe presentado por Habitat U. N. 2011, enfatiza a las ciudades y el cambio climático con sus orientaciones políticas y el papel de éstas con respecto a mitigar la emisión de agentes contaminantes. De igual manera engloba varios temas que merecen ser analizados en este trabajo de investigación, como la responsabilidad de las entidades gubernamentales desde los gobiernos estatales hasta los ámbitos municipales, así como las no gubernamentales (ONG); ante las acciones necesarias para hacer frente al cambio climático, teniendo como premisa la contaminación causada por los gases de efecto invernadero (GEI), cuyos principales emisores se identifican en las zonas urbanas y están directamente relacionados con el consumo de combustibles fósiles.

El proceso acelerado de expansión urbana de las ciudades y la relación directa con su nivel de desarrollo, son factores que inciden en el territorio a nivel social, cultural y económico; asociados a la forma como la sociedad con sus actividades diarias ocupan el espacio, hecho que merece una atención primordial dentro de la planificación urbana (Santana Rodríguez et al. 2010). Además, parte del informe Habitat U. N. 2011, se refiere a que este crecimiento urbano sucede en los países en desarrollo teniendo como resultado una mayor cantidad de asentamientos precarios y de tenencia irregular, que en términos territoriales representa las tres cuartas partes de toda la población urbana a nivel mundial (HABITAT, U. N. *Global report on human settlements* 2011). Estas ciudades con mayor crecimiento territorial coinciden con aquellas que tienen menos recursos para adaptarse al cambio climático que por lo general no cuentan con infraestructura ni gobernabilidad necesaria para afrontar el desafío de este cambio climático; una de las consecuencias de esta realidad es el fenómeno de conurbación¹ debido a la expansión de las zonas urbanas de las regiones con menos desarrollo que llegarán a absorber el crecimiento de

¹ Conjunto de varios núcleos urbanos inicialmente independientes y contiguos por sus márgenes, que al crecer acaban formando una unidad funcional. RAE

la población mundial en general (se prevé un aumento de 2.400 millones de habitantes en 2007 a 5.300 millones de habitantes en 2050), mientras que la población urbana de las regiones más desarrolladas tendrán un modesto incremento (0.900 millones de habitantes en 2007 a 1.100 millones de habitantes en 2050) (UN, UN. *World urbanization prospects 2008*).

La contaminación ambiental es directamente proporcional a la expansión urbana debido a que una mayor densidad poblacional implica el emplazamiento de nuevas y grandes industrias, un incremento en el mercado y flujo vehicular, cambios en el uso del suelo y actividades humanas en general que demandan un mayor consumo de recursos naturales y quema de combustibles fósiles, por lo tanto, las áreas urbanas se convierten en una fuente importante de emisión de GEI pues son responsables de hasta el 70% de los daños causados por estos gases a nivel de todo el planeta a pesar de su ocupación territorial del 2% (HABITAT, U. N. *Global report on human settlements 2011*), sumado a esto las características geomorfológicas, el clima y la disponibilidad de recursos naturales con los que cuenta la ciudad. La consecuencia de estos cambios son los impactos negativos y los costos económicos que representan para las diferentes regiones del mundo (Hunt y Watkiss 2011).

Esta urbanización acelerada y con poco o ningún criterio ambiental de planificación territorial trae como consecuencia impactos negativos en varios ámbitos como la degradación del paisaje natural, pérdida de la biodiversidad, uso ineficiente de recursos naturales en donde se incluye el suelo urbano, la exagerada generación de residuos sumada a la poca cultura de reciclaje, deterioro de los espacios públicos, áreas verdes urbanas, emisión de gases, degradación de zonas de protección debido al emplazamiento de viviendas u otras actividades (Díaz, Granados y Valdés *Índice de Calidad Ambiental Urbana 2013*).

En las últimas tres décadas, las tasas de expansión urbana son mayores o iguales a las tasas de crecimiento poblacional urbano, lo que indica que en el crecimiento de las ciudades predomina una forma de emplazamiento horizontal sobre el vertical, es decir disperso (Seto Karen et. al. 2011). En general, esta forma de utilización del espacio aplicado también en los países de América Latina, genera un proceso intenso de urbanización, que ha modificado y vuelto complejo al espacio urbano, ocasionando impactos significativos sobre el medio, ya que incide de manera directa sobre la calidad del aire, el agua y el suelo (Marino et. al., 2010).

Según la Organización Mundial de la Salud OMS, el aire limpio promueve la salud y el bienestar y por lo tanto una mejor calidad de vida. La contaminación del aire ha registrado alrededor de 2.5 millones de muertes por su causa (OMS 2006, citado en Montero et. al. 2010); siendo conscientes de esta realidad, las ciudades pueden convertirse en ejes impulsores de la reducción de la emisión de GEI, y desarrollar esquemas en la planificación urbana para frenar y adaptarse al cambio climático. De manera particular, en la ciudad de Cuenca inició un proceso de regulación territorial a partir de la década de los años 40 del siglo XX, debido a su acelerado crecimiento y

al surgimiento de nuevas necesidades de urbanización, estas circunstancias provocaron en la urbe cambios en sus condiciones ambientales.

Los cambios generados en las urbes debido a su expansión territorial están provocando alteraciones en sus condiciones ambientales, por esta razón han surgido iniciativas a nivel mundial que hagan frente a estos impactos ambientales a través de investigaciones que determinen la línea base de los problemas, análisis de las circunstancias y posibles causas de la degradación, construcción de índices de calidad ambiental para valorar las condiciones y plantear soluciones viables que puedan mejorar la calidad de vida de las personas.

En el año 2009, el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Cuenca, a través de la Comisión de Gestión Ambiental, contrató una consultoría con la Universidad del Azuay, cuyo objetivo fue determinar el índice de calidad ambiental urbana de la ciudad de Cuenca al cual se le denominó ICAUC, y para su desarrollo se consideró la definición dada por Hannan y Freeman (1993) quien se basó en el análisis de componentes agregados, indicando que su estudio sumado a otros factores, incide de manera directa en la localización de los llamados “agentes o sujetos” cuando éstos toman un emplazamiento específico para el desarrollo de sus actividades cotidianas, o lo que en su definición indica como “una representación del nivel de calidad ambiental *agregada* del entorno” (Universidad del Azuay e Ilustre Municipalidad del Cantón Cuenca 2009).

El estudio realizado en el año 2009 analizó tres factores: Bienestar Social, Ambiente Sano e Infraestructura Urbana Pública; siete ámbitos: aire ambiente, ruido, agua de los ríos, suelo, vialidad, gestión de residuos, equipamiento; diez variables sociales, ocho variables ambientales, dos sobre la ocupación del suelo, dos de vialidad, dos de la gestión de residuos, y cuatro referentes al equipamiento. En el cálculo de este índice, se utilizó la metodología del análisis de componentes principales, estableciéndose así una correlación multivariante entre todas las variables estudiadas.

Otro acercamiento a este tema se planteó en Colombia con el llamado ICAU Índice de Calidad Ambiental Urbana, 2013, a través del cual se analizaron ciertas variables para la obtención de indicadores que den como resultado el cálculo de un índice de calidad ambiental. Este estudio parte también de la incidencia que tienen las áreas urbanas y su sostenibilidad con la calidad ambiental, en la importancia de factores como las áreas verdes urbanas y espacios públicos en general, la vivienda, servicios básicos, el transporte público y el uso de recursos naturales; el conjunto de estas variables inciden en la valoración ambiental de una ciudad a través de calidad de vida de sus habitantes (Díaz, Granados y Valdés *Índice de calidad ambiental urbana* 2013).

El presente trabajo de investigación propone la construcción de un índice de calidad ambiental aplicado para el área urbana de la ciudad de Cuenca, que se adapte mejor a su normativa y condiciones partiendo de la heterogeneidad de su territorio. Para el desarrollo de este estudio se

recopilará y analizará información actualizada referente al inventario de emisiones, mapas de ruido, calidad del agua, residuos sólidos generados, consumo residencial de agua, áreas verdes y espacio público por habitante; considerando, en lo posible indicadores objetivos que se respalden en fuentes de información real, susceptibles de ser evaluados periódicamente y cuyos resultados sean claros y fácilmente comprensibles (Díaz, Granados y Valdés *Índice de calidad ambiental urbana* 2013).

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1. INDICE, INDICADOR Y VARIABLE

Los índices son una herramienta cuantitativa que simplifica a través de modelos matemáticos los atributos y pesos de múltiples variables, con la intención de proporcionar una explicación más amplia de un recurso o el atributo a evaluar y gestionar (Celemín et. al. La calidad de vida desde una perspectiva geográfica 2015).

Un índice es el resultado de la formalización de un indicador que requiera de la intervención de varios datos o variables, facilitando la comprensión e interpretación de un tema específico que se encuentre en investigación. Los datos o variables de los cuales se parte para el análisis de un fenómeno, se convierten en un indicador una vez que se haya determinado su importancia en la evolución de dicho fenómeno. El planteamiento de un índice de calidad ambiental está dirigido tanto al público en general como a los sectores involucrados y responsables de generar estrategias y políticas ambientales tendientes a mejorar la calidad de vida de la población como uno de sus principios básicos (Tanguay et. al. 2010).

El objetivo de la construcción de índices ambientales es brindar una descripción sintetizada de los ámbitos ambientales multidimensionales y agregar un único valor a varios indicadores a través del análisis de variables; además, debe ser útil en la comparación de estados del medio ambiente en un tiempo o espacio determinado de manera clara y precisa (Ebert y Welsch citado en Montero et. al. 2010), a pesar de que resulta problemática la incorporación de datos sin ambigüedad debido a la dificultad de valorar dichos elementos (Montero et. al. 2010).

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico OCDE (The Organization for Economic Co-operation and Development OECD), es un foro de varios gobiernos mundiales, trabajando desde el año 1960, para enfrentar los desafíos económicos y sociales de la globalización² enfocados también en otros campos como el medio ambiente, a través del cual promueven y defienden su tesis de plantear políticas medioambientales compatibles con el crecimiento económico. La OCDE ha trabajado en objetivos medioambientales y conceptos relacionados desde el año 1971, como la gestión adecuada de recursos naturales y el análisis de los aspectos económicos en el cambio climático³, además propuso en el año 1989 indicadores ambientales e incluyó varias categorías correspondientes a un propósito y un marco específicos (OCDE *Key Environmental Indicators* 2008).

Los indicadores ambientales son herramientas de gran importancia en el seguimiento y evaluación ambiental, además en el desarrollo de políticas públicas relacionadas; sirven de apoyo en la planificación territorial, en la generación de informes y muestra de resultados, para

² www.oecd.org/centrodemexico/laocde/masinformacionsobrelaocde.htm, 14 – 03 – 2017.

³ www.oecd.org/centrodemexico/laocde/eltrabajodelaocde.htm#medio_ambiente, 14 – 03 – 2014.

priorizar políticas y presupuestos a nivel nacional (OCDE *Key Environmental Indicators* 2008); además son herramientas utilizadas tanto a nivel nacional como internacional en la elaboración de informes sobre el estado del medio ambiente y los avances en el desarrollo sostenible de las urbes, en la medición del desempeño ambiental y para establecer comparaciones internacionales efectivas (OCDE *Key Environmental Indicators* 2008).

La comunicación y difusión de la información es una de las principales funciones de los indicadores, exigiendo la simplicidad de una realidad compleja de ciertos aspectos considerados pertinentes y de los cuales se dispone de datos veraces. Además, transmiten aquellos aspectos representativos o críticos de la interrelación entre componentes bióticos (especies naturales) y los abióticos (factores climático, geológico o geográfico) de un sistema ambiental (Smeets y Weterings 1999).

La importancia de los indicadores radica en las características ecológicas, geográficas, sociales, económicas e institucionales, de una zona determinada, es decir varía según el país y el contexto, pudiendo ser necesario un mayor nivel de detalle dependiendo del propósito como por ejemplo la toma de decisiones en la gestión de las cuencas hidrográficas o ecosistemas (OCDE *Key Environmental Indicators* 2008).

Los indicadores considerados en la investigación deben utilizar un enfoque pragmático, ser fiables, mensurables y pertinentes (OCDE *Key Environmental Indicators* 2008); además deben contener la información necesaria sobre la estructura, función y composición del sistema ambiental; siendo capaces de determinar la complejidad medioambiental urbana o suburbana pero que además sean simples, manejables y estén disponibles para ser actualizados de manera constante; de esta forma cumplirán los propósitos de evaluar las condiciones ambientales, monitorear las tendencias en un tiempo determinado, anticiparse y alertar sobre los posibles cambios, diagnosticar y dar solución de un futuro problema ambiental (Dale y Beyeler 2001).

La siguiente tabla presenta una síntesis realizada en base a la información disponible en la publicación "OCDE Environmental Indicators – Development, Measurement and Use, 2003".

TABLA N° 1.1: Indicadores ambientales y sus categorías según OCDE.

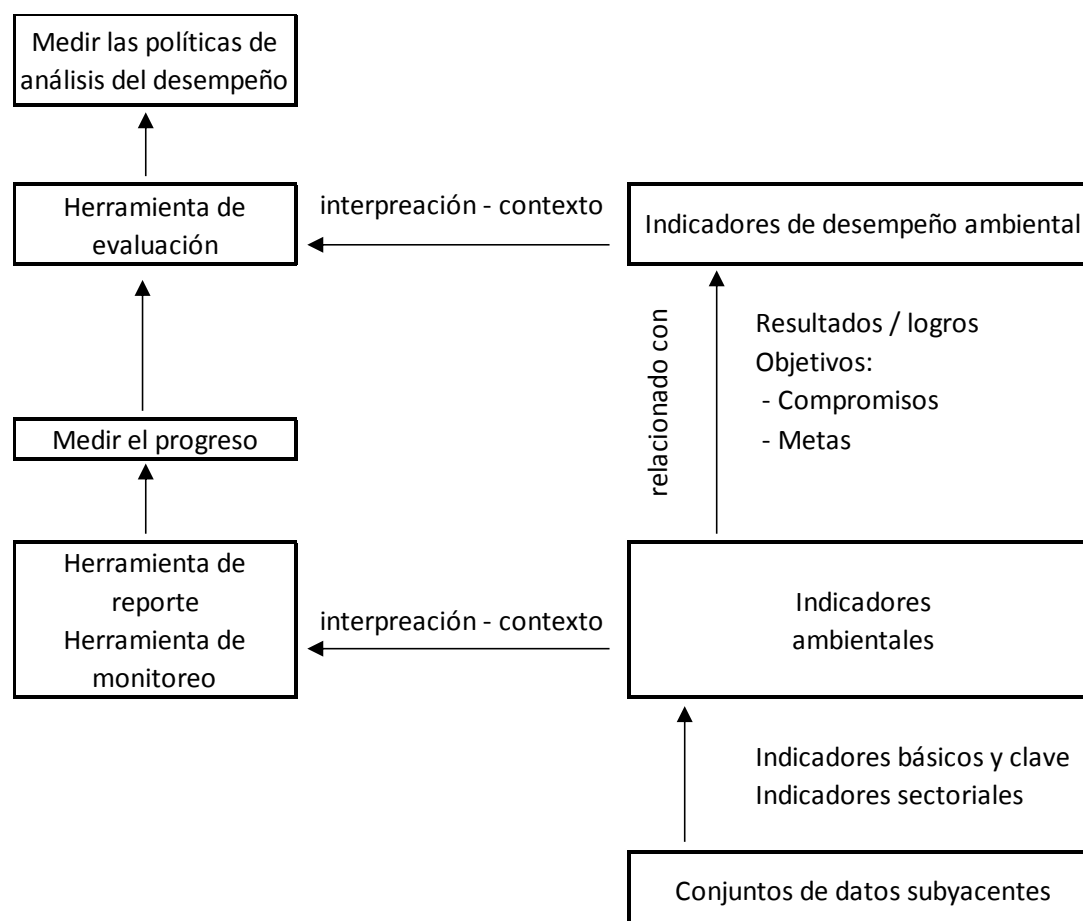
	Seguimiento del proceso ambiental y actuación	Información del público	Promoción de integración	Seguimiento del progreso hacia el desarrollo sostenible	
Indicadores	Indicadores medioambientales básicos (cei)	Principales indicadores ambientales (kei)	Indicadores sectoriales	Indicadores derivados de la contabilidad ambiental	Indicadores ambientales de declaración
Propósito	Monitorear el progreso ambiental y los factores involucrados	Informar al público en general y proporcionar datos importantes a los encargados de formular políticas	Ayudar e integrar las preocupaciones ambientales en las políticas sectoriales.	Ayudar e integrar las preocupaciones ambientales en las políticas de gestión económica y de recursos.	Miden el desacoplamiento de la presión ambiental del crecimiento económico.
Características y cobertura	Abarca indicadores derivados de conjuntos sectoriales y de contabilidad ambiental	Son un número reducido de indicadores seleccionados del conjunto básico de la OCDE (alrededor de 10-15)	Se centran en un sector específico (transporte, energía, consumo de los hogares, turismo, agricultura). Siguen un modelo PSR (presión, estado, respuesta) reflejando tendencias sectoriales de importancia ambiental.	Se centra en gastos ambientales, cuentas físicas de recursos naturales relacionadas con su gestión sostenible y cuentas de flujo de materiales físicos relacionadas con la eficiencia y productividad del uso de recursos materiales.	Instrumentos importantes para determinar si los países están en camino hacia el desarrollo sostenible. La mayoría se deriva de otros indicadores y se desglosan para reflejar factores profundos y cambios estructurales.
Alcance	Indicadores a nivel nacional para uso en el trabajo internacional	Indicadores a nivel nacional para uso en el trabajo internacional. Subnacional y/o sectorial.			Indicadores nacionales y sectoriales específicos para uso en el trabajo internacional

Fuente: OCDE Environmental Indicators – Development, Measurement and Use, 2003.

Elaboración: Propia.

Este conjunto de indicadores propuestos por la OCDE, se utilizan en combinación con indicadores y datos nacionales específicos y complementarios como instrumentos económicos, leyes, ordenanzas y reglamentos (OCDE *Key Environmental Indicators* 2008).

FIGURA N° 1.1: Indicadores ambientales y análisis de desempeño



Fuente: OCDE Environmental Indicators – Development, Measurement and Use, 2003.

Elaboración: Propia.

2. CALIDAD AMBIENTAL

La relación entre variables ambientales (humedad relativa, precipitaciones, cercanía con la costa, entre otras) y el confort de las personas con su entorno, fueron la base para la elaboración de un índice de calidad de vida, tema analizado por primera vez en el año 1987 (Berger et al. citado en Celemín et al. *La calidad de vida desde una perspectiva geográfica* 2015). La evolución de este concepto toma mayor importancia al momento de considerar indicadores que anteriormente formaban parte de las variables económicas, como el caso de los indicadores ambientales relacionados con un entorno urbano más saludable (Celemín et. al. *La calidad de vida desde una perspectiva geográfica* 2015).

Domingo Gómez Orea y Ma. Teresa Gómez Villarino en su publicación *Evaluación de Impacto Ambiental*, 2003, sostienen que la calidad ambiental parte del concepto de desarrollo, ampliamente aplicado desde un individuo a una nación y está relacionado con la calidad de vida y la calidad ambiental, es decir que a este criterio económico de desarrollo se han incorporado indicadores cualitativos debido a que la conciencia y la sensibilidad ambiental se han intensificado progresivamente (Gómez Orea y Gómez Villarino 2013).

La calidad de vida de una persona está directamente influenciada por tres factores que son: el nivel de renta, las condiciones de vida y trabajo y por último la calidad ambiental, otorgándole a cada uno una importancia variable de acuerdo al tiempo y espacio. La incidencia de cada parámetro se determina en base a la conocida curva de Kuznets, es decir que la degradación ambiental y el nivel de renta avanzan proporcionalmente pues en las primeras etapas de desarrollo las actividades se basan en la subsistencia, llegando a un punto de una acelerada degradación para concluir con un modelo en donde las actividades están orientadas hacia la información y la tecnología para mantener una sensibilización ambiental (estabilización, reducción y recuperación), por lo tanto el desarrollo deja de ser causa de la degradación y se convierte en solución (Gómez Orea y Gómez Villarino 2013).

Por otro lado, Irene van Kamp et. al, 2003, en su publicación *Urban environmental quality and human well-being, Towards a conceptual framework and demarcation of concepts; a literature study*, 2003, indagan en una conceptualización de varios términos relacionados con el bienestar humano, entre los cuales la calidad ambiental urbana es parte fundamental de su análisis. Partiendo de la premisa de las diferencias disciplinarias encontradas en las investigaciones recientes, y sentando la necesidad de contar con un amplio marco conceptual que permita la evaluación de la calidad ambiental a través de indicadores tanto cuantitativos como cualitativos relacionados con aspectos físicos, sociales y espaciales, y la elaboración de políticas públicas en cuanto al desarrollo urbano.

Los proyectos de investigación sobre la calidad ambiental se basan en la aproximación de conceptos como la habitabilidad, la calidad de vida y la sostenibilidad, siendo utilizados, por lo general, como sinónimos (Irene van Kamp et. al. 2003); sin embargo en su análisis se profundizó y planteó un modelo conceptual, además de los conceptos anteriores, desde el enfoque de la planificación urbana y de la ecología humana, es decir al ser humano (biológico y social) en interacción con su entorno (Bubolz y Sontag 2009).

Irene van Kamp et. al., 2003, dentro de su análisis plantea algunos conceptos sobre calidad ambiental, de los cuales hemos considerado más apropiados para este trabajo de investigación, los siguientes:

· *La calidad ambiental es un tema complejo que involucra percepciones subjetivas, actitudes y valores que varían entre grupos e individuos (Parteous citado en Irene van Kamp et. al. 2003).*

A pesar de que se trata de una afirmación de hace casi cinco décadas, tiene bastante coherencia con la realidad actual pues se refiere a que la calidad ambiental de una urbe en particular está estrechamente relacionada con sus habitantes y es el resultado de su interrelación con el entorno, de sus costumbres y sobretodo de los valores que mantienen como sociedad.

· *La calidad ambiental es la resultante de la calidad de las partes que componen una región determinada, pero aún más que la suma de partes, es la percepción de un lugar como un todo. Las partes componedoras (naturaleza, espacio abierto, infraestructura, entorno construido, amenidades del medio ambiente físico y recursos naturales) tienen sus propias características y calidad parcial (RMB citado en Irene van Kamp et. al. 2003).*

La interrelación de cada uno de los componentes que integran un territorio específico, dan como resultado la valoración de la calidad ambiental. Cada elemento representa un fragmento del todo, es decir que sus características demuestran la importancia que tienen en la definición de la calidad ambiental general.

· *La calidad ambiental puede definirse como una parte esencial del concepto más amplio de "calidad de la vida", las cualidades básicas como la salud y la seguridad en combinación con aspectos como la comodidad y el atractivo (RIVM 2002 citado en Irene van Kamp et. al. 2003).*

Un concepto más profundo en el que además relaciona a la calidad ambiental con la calidad de vida; de igual manera que la perspectiva planteada por Domingo Gómez Orea y Ma. Teresa Gómez Villarino en su publicación Evaluación de Impacto Ambiental, 2013, dando énfasis a los factores que intervienen como el desarrollo y sus indicadores cualitativos y cuantitativos (seguridad, salud, comodidad).

La calidad ambiental es un parámetro complejo y especialmente variable que resulta de la interrelación de factores como la isla de calor refiriéndose a una ciudad determinada, la distribución de vegetación, la densidad, geometría de la expansión urbana y la calidad del aire, con la influencia de los factores humanos y naturales tanto de la zona urbana como de la suburbana (Nichol y Wong 2005); considerando además la complejidad que en ocasiones puede representar el separar estas dos instancias político administrativas, es decir a la zona entre lo urbano y lo rural (ecotono⁴), espacio físico que mantiene peculiaridades que no deben pasar desapercibidas y que influyen en los aspectos ambientales en ambos ámbitos geográficos, por lo tanto la importancia de buscar herramientas metodológicas cuantitativas que permitan evaluar

⁴ Zona de transición entre dos ecosistemas.

la “co-evolución entre los socio-ecosistemas y los ecosistemas” e incluirlos en los planes de desarrollo urbano buscando una maximización de las externalidades positivas y una disminución de las negativas (León 2013).

A nivel mundial, los indicadores ambientales han sido considerados una herramienta positivista para hacer seguimiento a un fenómeno en el tiempo, utilizados de manera regular pero su aplicación ha variado conforme la cronología (León 2013). En 1930 los indicadores se enfocaban al tema económico (PIB, curva de Kuznets), para la década de los 60 se centraron en el ámbito social, y para los años 70 fueron usados para determinar temas referentes al medio ambiente (Castro 2002 citado en León 2013).

Existen tres tipos de indicadores ambientales, los de primera generación relacionados con variables físicas, químicas y biológicas a los que se les podría definir como indicadores ambientales clásicos; los de segunda generación, que se distinguen por considerar cuatro grupos de variables, económicas, sociales, ambientales e institucionales, estos dos grupos de indicadores no tienen una integración transversal (Franchini y Dal 2000 citado en León 2013). El tercer grupo de indicadores llamados de tercera generación (en construcción), se definen como exclusivos a la sustentabilidad, vinculantes, sinérgicos y transversales, capaces de incorporar de manera simultánea diferentes dimensiones en la ciudad (Gross y Arrue 2005 citado en León 2013), tienen un enfoque conmensuralista⁵ que bajo conceptos de sustentabilidad urbana⁶ han permitido generar varias metodologías como IBES (Índice de Bienestar Económico Sostenible), IPG (Índice de Progreso Genuino), AFM (Análisis de Flujo de Materiales), Huella ecológica, Mochila ecológica, Índice de planeta vivo, entre otros, mismos que se acercan a los objetivos de los indicadores de tercera generación, ya que estos pretenden definir el estado cuantitativo y cualitativo de la sustentabilidad urbana (León 2013).

De manera general, se han encontrado ciertas limitaciones al momento de construir un índice de calidad ambiental, como la accesibilidad, disponibilidad y confiabilidad de los datos de las variables, principalmente en una escala urbana o municipal, lo que conlleva a establecer un compromiso entre el nivel de análisis, la disponibilidad de información y los recursos existentes (Celemín y Velázquez *Estimación de un índice de calidad ambiental* 2011).

3. INDICADORES APLICADOS A ESCALA MUNDIAL

⁵ Que está sujeto a medida.

⁶ La sustentabilidad urbana se especifica como un fenómeno complejo de largo plazo, con dinámica propia, que busca mejorar la calidad de vida de la población urbana. Su operacionalización se define en forma participativa y negociada entre instituciones gubernamentales, la sociedad civil y los privados, con asistencia de la academia, con una visión intra e intergeneracional, y con un reconocimiento de lo local y lo regional por encima de lo nacional y lo internacional (León 2013).

La construcción y difusión de indicadores se ha realizado desde hace varias décadas a nivel mundial y son considerados como una herramienta positiva para dar seguimiento a un fenómeno en el tiempo (León 2013).

Actualmente existe una gran variedad de sistemas de indicadores ambientales y de desarrollo sostenible, que han sido realizados por varias agencias internacionales, así como por algunos países y ciudades que pretenden medir el “desarrollo sostenible” y la “sustentabilidad urbana”⁷ mediante diferentes enfoques metodológicos (Quiroga *Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible* 2007). En el caso de los países desarrollados, se ha visto un avance importante tanto en el diseño como en la implementación de indicadores de primera generación, se destacan países como Canadá, Nueva Zelandia, Suecia y España. Por otra parte, países como Suecia, Reino Unido y agencias europeas e institutos de investigación en Holanda y Alemania, ya se encuentran trabajando con indicadores de segunda generación y desarrollando importantes conceptos que se acercan a los indicadores de tercera generación (Quiroga *Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible* 2007).

El Programa Agenda 21, promulgada en el marco de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (UNCED) ha popularizado la necesidad de medir el desarrollo sustentable de las ciudades, mediante el uso de un sistema de indicadores que busca evaluar el equilibrio entre el desarrollo económico, social y ambiental, políticas que se encuentran definidas en el artículo 40 de la Agenda 21 “Se han de implementar indicadores de desarrollo sostenible para proveer de base sólida la toma de decisiones a todos los niveles y contribuir a la sostenibilidad autorregulada de los sistemas que integran el desarrollo y el medio ambiente” (Quiroga 2007), sin embargo se requiere de un mayor análisis de todos los sistemas planteados a nivel mundial que permitan determinar si en verdad es posible o no conseguir los indicadores de tercera generación o únicamente se generaliza el uso de indicadores ambientales, sociales y económicos.

El informe de CEPAL (2007), resalta la necesidad de conocer los esfuerzos realizados mediante mecanismos cooperativos interagenciales y transdisciplinarios realizados por comisiones multilaterales, organismos internacionales y regionales de los países desarrollados, que merecen ser analizados (Quiroga *Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible* 2007).

3.1 Sistemas de indicadores ambientales y de desarrollo sostenible

⁷ Partiendo de los conceptos de “desarrollo sostenible” y “sustentabilidad urbana” que son considerados como sinónimos diferenciados desde el manejo teórico, analizándolos en términos de escala, considerando entonces al desarrollo sostenible con una escala de país, nacional o global, mientras que, la sustentabilidad urbana se reduce a una escala de ciudad o ciudad-región, enfocada más a lo local, considerando que la sustentabilidad urbana se especifica como un fenómeno a largo plazo con dinámica propia que busca la mejora de la calidad de vida de la población urbana. (León 2013).

Se han definido una serie de indicadores ambientales y de desarrollo sostenible, basados en datos ambientales y de sostenibilidad, socioeconómico y social, que acompañados con los GIS, permiten plantear mecanismo de seguimiento a los países de la región, algunos de estos casos son los siguientes (Quiroga *Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible* 2007):

- Indicadores del objetivo de desarrollo del Milenio 7 (ODM7)
- Iniciativa latinoamericana y caribeña para el desarrollo sostenible (ILAC) del foro de ministros del medio ambiente.
- Proyecto evaluación de la sostenibilidad en América Latina y el Caribe (ESALC)
- Indicadores ambientales y de sostenibilidad (CIAT-BM-PNUMA).
- Sistema de información del medio ambiente de la Comunidad Andina.
- Programa de trabajo en IDS de la Comisión de Desarrollo Sostenible (CDS).
- Indicadores de Desarrollo Sostenible de la Unión Europea (63 indicadores, conforme la metodología de la ONU).
- Indicadores Ambientales de la Agencia del Medio Ambiente (European Environment Agency EEA).
- Indicadores ambientales de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

TABLA N° 1.2: Indicadores ambientales principales y sus categorías - OCDE (actualizado a noviembre del 2006).

Indicador	Cuantificador
Cambio climático	Intensidad en las emisiones de gases de efecto invernadero y CO ₂
Capa de ozono	Sustancias agotadoras del ozono
Calidad del aire	Intensidad en las emisiones de SO _x y NO _x
Generación de residuos	Intensidad en la generación de residuos municipales
Calidad del agua fresca	Porcentaje de conexiones a sistemas de desagüe
Recursos de aguas frescas	Intensidad en el uso del recurso agua
Recursos de bosques	Intensidad en el uso de recurso bosque
Recursos de pesca	Intensidad del uso de recursos pesqueros
Recursos de energía	Intensidad del uso de energía
Biodiversidad	Especies Amenazadas

Fuente: Quiroga, *Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe* 2007.

Elaboración: Propia.

4. ÍNDICES PROPUESTOS EN AMÉRICA

4.1 Índice de Calidad Ambiental EQI – Estados Unidos de América

El Environmental Quality Index - EQI, o Índice de Calidad Ambiental, nace a partir de un informe realizado por la EPA (Environmental Protection Agency - United States of America); es una metodología probada en los Estados Unidos de América utilizando indicadores químicos, naturales, contruidos y sociales, orientados principalmente a la valoración de la salud humana y prevención de enfermedades (Environmental Quality Index – Overview Report 2014), y se basa en el análisis de cinco componentes o dominios que son agua, aire, suelo, sociodemográfico y ambiente construido o uso y ocupación del suelo. En este análisis intervienen herramientas como los sistemas de información geográfica GIS (French et. al. 2008).

Este índice establece una diferencia ambiental entre áreas urbanas y rurales, analizándolas progresivamente desde aquellas que son densamente pobladas hasta las rurales aisladas. Su metodología se basa en el desarrollo de cuatro etapas que son: la identificación de los cinco componentes, localización y revisión de información para cada dominio, desarrollo de variables ambientales a partir de las fuentes, y la combinación de estos ámbitos ambientales. La aplicación y el cálculo de este índice pueden adaptarse a zonas específicas dependiendo de las áreas de interés (Environmental Quality Index – Overview Report 2014).

Estudios a nivel de otros países en los que se ha utilizado el EQI, han servido para determinar, por ejemplo, la sensibilidad ambiental en la Reserva natural en San Antonio, Argentina (Carbone et. al. 2011), así como en la elaboración de indicadores ambientales con el objetivo de poder evaluar y dar seguimiento a las políticas ambientales ya existentes que puedan conducir hacia un desarrollo sostenible de las ciudades. Es el caso de Estremadura en España, en donde a través de este método se determinó la sensibilidad ambiental a la degradación en la ciudad (Lavado et. al. 2010).

Este índice fue creado para dos propósitos principales: ser un indicador de las condiciones ambientales (salud ambiental) y como covariable para establecer ajustes a condiciones ambientales (Environmental Quality Index – Overview Report 2014).

Usos del EQI:

Este índice fue desarrollado para la determinación del porcentaje de incidencia que tiene cada uno de sus componentes en el resultado final de la calidad ambiental. A través de la utilización de este índice se pueden obtener resultados específicos como la exposición a ciertos productos químicos, o la incidencia de una enfermedad. Puede ser usado de dos maneras principalmente: estableciendo una relación entre calidad ambiental y salud humana, y como una variable que considere las condiciones adyacentes. Es un índice que contribuye en gran porcentaje en las investigaciones relacionadas con la salud pública ya que profundiza las condiciones circundantes del área de análisis (Environmental Quality Index – Overview Report 2014).

Puede ser utilizado para la valoración de la salud ambiental a nivel de comunidades. Su cálculo proporciona información sobre el estado ambiental global, es decir es un índice comparable pues contribuye en la identificación entre áreas de mejor y peor calidad ambiental. Este índice es de naturaleza técnica y fue desarrollado con fines investigativos y comunicativos sin embargo no debe ser utilizado para objetivos de regulación (Environmental Quality Index – Overview Report 2014).

Análisis de Componentes Principales (Principal Component Analysis PCA) y Códigos de Continuidad Rural – Urbanos RUCC (Rural - Urban Continuum Codes RUCC):

El PCA representa la relación entre la variable y el componente mediante el análisis de la varianza general, se fundamenta en la manera empírica de representar múltiples dominios posibles (Environmental Quality Index – Overview Report 2014). Es una técnica que se basa en la reducción de datos para la construcción de índices, por lo general se utiliza en variables sociodemográficas y su inclusión en modelos estadísticos (Tabachnick y Fidell 2007, citado en Environmental Quality Index – Overview Report 2014).

Los propósitos del PCA son: resumir los datos de correlación entre las variables, proporcionar una definición operativa a través de una fórmula que combine fuentes de datos con múltiples escalas y reducir el número de variables a un solo componente. De esta manera se puede identificar la importancia de cada variable y su influencia en el componente global y por lo tanto en la construcción del índice.

El PCA se determina de acuerdo a las siguientes etapas: seleccionar el conjunto de variables, establecer las matrices para su correlación, identificar el número de componentes y finalmente interpretar de los resultados.

Los códigos de continuidad rural - urbanos establecen la diferenciación medioambiental entre estas dos zonas geográficas mediante la categorización de ítems de influencia territorial, su importancia en el cálculo del EQI radica en contribuir con un índice útil y real para cada condado y sus zonas urbanas o rurales.

Componentes o dominios:

Los cinco componentes del EQI guardan una estrecha relación con el cuidado y salud humana y se describen a continuación (Environmental Quality Index – Overview Report 2014).

- El aire ambiente se refiere a los contaminantes atmosféricos y los contaminantes peligrosos del aire; incluyendo en sus consecuencias varias afecciones en la salud humana.

- Para el componente agua se consideran siete características relacionadas con la calidad de agua: calidad general, contaminación, calidad del agua recreativa, uso doméstico, deposición atmosférica⁸, sequía y contaminación química.
- La tierra corresponde al entorno físico que no se encuentra cubierto por el agua o por el aire, representado bajo cinco parámetros: ambiente agrícola, plaguicidas, instalaciones, contaminantes del suelo y potencial de radón⁹.
- El dominio que se refiere al entorno construido se relaciona con el tráfico, participación y acceso al tránsito, seguridad de peatones, usos de suelo (centros educativos, recreacionales, de salud, alimentación) y la vivienda pública.
- El ambiente sociodemográfico está vinculado al nivel socioeconómico y a la delincuencia; se relaciona por ejemplo con indicadores de pobreza y a su vez con enfermedades.

Obtención y evaluación de datos:

La investigación se enfocó en tres parámetros para la búsqueda de datos:

- Partir de fuentes específicas siendo o no de la EPA, aplicados en todos los condados de los cincuenta estados de Estados Unidos.
- Resumir las fuentes de los datos ambientales, su cobertura en el espacio y tiempo, su almacenamiento y sus etapas de interés.
- Identificar los datos.

La evaluación de las fuentes de datos se realizó para determinar la pertinencia o no de las variables identificadas para ser incluidas en la construcción del índice de calidad ambiental; para esto se utilizaron los criterios de la calidad de los datos y su cobertura. Una fuente de datos óptima se refiere a aquella cuyas mediciones variables contengan información veraz en tiempo y espacio (Environmental Quality Index – Overview Report 2014).

Metodología de cálculo:

Componente aire: las categorías de datos consideradas fueron de monitoreo, de emisiones y estimaciones de las concentraciones de contaminantes tóxicos o PAH¹⁰. Se identificaron doce fuentes de datos de las cuales se seleccionaron dos correspondientes a las más completas para

⁸ El proceso por el cual sustancias químicas, tales como partículas contaminantes son transferidas de la atmósfera a la superficie de la tierra.

(<https://agclass.nal.usda.gov/mtwdk.exe?k=default&l=115&w=2714&n=1&s=5&t=2>)

⁹ El radón es un gas de origen natural. No tiene olor, color ni sabor. El radón se produce a partir de la desintegración radiactiva natural del uranio, que está presente de forma natural en suelos y rocas. El radón también puede estar presente en el agua (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs291/es/>).

¹⁰ Polycyclic Aromatic Hydrocarbon - Hidrocarburo aromático policíclico (<http://www.euro.who.int>).

ser utilizadas en el dominio aéreo EQI, estos datos son auditados regularmente para mayor precisión.

Componente agua: las categorías de datos fueron: modelamiento, monitoreo, reportes, encuestas y datos misceláneos.

Componente tierra: para este componente, las fuentes de datos se agruparon en cuatro categorías: agricultura, industrias, cobertura del suelo y geología y minería.

Componente sociodemográfica: se contó con fuentes de datos disponibles de cada condado de las cuales se identificaron y utilizaron las siguientes: oficina del Censo de EEUU (densidad de población, raza, distribución espacial, características socioeconómicas, características del hogar y vecindario y uso del suelo) y La Oficina Federal de Investigación de Delitos Uniformes (tasas anuales de delitos violentos y de propiedad). Una ventaja de estas fuentes de datos es su cobertura nacional y la consistencia en la recolección de la información, además se actualizan periódicamente y su disponibilidad es en todo el país a nivel de cada condado. Estas fuentes de datos demuestran estados críticos del entorno sociodemográfico humano.

Componente entorno construido: las fuentes de datos de este dominio se agruparon por temas: tráfico, acceso al tránsito, seguridad de los peatones, medidas de salud de hogares, residencia urbana y rural y acceso a equipamientos de salud, recreación, alimentación y educativos.

El desarrollo de estas variables se combinaron en la construcción de un índice para representar la calidad ambiental integral; para esto se cumplieron las siguientes tareas:

- Los datos obtenidos de cada una de las variables se incluyeron en un PCA (Principal Component Analysis – análisis de componentes principales) para obtener un indicador correspondiente a ese dominio en particular.
- Se realizó este procedimiento para cada una de las variables o dominios para conseguir los cinco indicadores respectivos.
- Cada uno de estos indicadores se combinaron nuevamente en un PCA para construir el índice de calidad ambiental global.

Las cargas de cada dominio indican la variable de mayor peso, por lo tanto cuál de ellas tiene la mayor contribución en el medio ambiente total. La calidad ambiental determinada en los EEUU mediante la aplicación del EQI, dio como resultado que ésta se encuentra definida por diferentes dominios en las zonas urbanas y rurales; de acuerdo a los valores obtenidos se demostró que la mayor parte de condados presentan en general, buena calidad ambiental.

Para lograr las estimaciones a nivel de condados, fue necesaria la interpolación espacial de las fuentes de datos, por ejemplo se encontraron datos incompletos con respecto al monitoreo del aire en las zonas rurales.

Se encontró un limitante al momento de recolectar los datos, debido, por ejemplo, a que es inadecuado evaluar los valores de la contaminación atmosférica a nivel de la calle si el sitio determinado para su monitoreo es sobre los edificios.

El EQI fue planteado con el propósito de estimar medidas anuales sin embargo esto no fue posible debido a la falta de datos de algunas variables que no son generados anualmente. A pesar de que algunos dominios cuentan con repositorios específicos para sus datos como los referentes al agua y aire, existen también otros que no poseen como el correspondiente a la variable ambiente construido.

4.2 Índice de calidad Ambiental ICAU – Colombia

El incremento de la población urbana en Colombia que alcanzó el 76% en el año 2011, incide directamente en la problemática ambiental manifestándose en situaciones como la pérdida de recursos naturales renovables, emisión de GEI, problemas de movilidad, incorrecto manejo del uso y utilización del suelo; estas condiciones ambientales llevaron al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible a plantear y adoptar la Política de Gestión Urbana y posteriormente en los años 2011 y 2012 a establecer la propuesta del Índice de Calidad Ambiental Urbana ICAU cuyo propósito fue el incorporar y evaluar aspectos relevantes que influyan en la calidad ambiental de las áreas urbanas de Colombia (Díaz, Granados y Valdés *Índice nacional de calidad ambiental urbana* 2013).

El sistema de ICAU, consideró un grupo de ciudades con condiciones urbanas similares, tales como el tamaño de la población urbana, problemas ambientales comunes y la disponibilidad de la información, habiéndose conformado los siguientes grupos:

- Áreas urbanas con población superior a 500.000 habitantes.
- Áreas urbanas con población entre 100.000 y 499.999 habitantes.
- Áreas urbanas con población inferior a 100.000 habitantes.

Este índice permite comparar la calidad ambiental entre diferentes áreas urbanas que mantengan características y condiciones ambientales similares y que utilicen las mismas variables.

Objetivos:

- Obtener un sistema de indicadores simples de fácil medición y seguimiento.
- Evaluar el comportamiento de los indicadores y del área urbana en un periodo determinado.

- Comparar áreas urbanas similares entre sí.
- Implementar política pública para el mejoramiento de la calidad ambiental urbana.
- Comunicar adecuadamente los resultados del cálculo.

Metodología de cálculo:

Para la construcción de este índice se analizaron varios indicadores reconocidos y utilizados a nivel regional e internacional, con el fin de conformar un sistema que se adapte a las ciudades colombianas. Su metodología para la aplicación consiste en:

- Revisión de sistemas de indicadores existentes.
- Revisión de reportes institucionales de información referentes a la calidad ambiental urbana.
- Revisión de otras experiencias internacionales para la construcción de indicadores ambientales e índices.
- Formulación del Índice de Calidad Ambiental Urbana.
- Socialización, ajuste y concertación de resultados obtenidos.

Construcción y selección de indicadores:

El ICAU conforma un sistema de indicadores simples, de Estado y Gestión, que toman información de los diferentes instrumentos de planeación, que permiten medir objetivos y metas claras, estos indicadores se dividen en dos grupos, y de acuerdo a la población entre 100.000 y 500.000 habitantes son los siguientes:

- **Indicadores directos:** hacen referencia a los generados por responsabilidad directa de las autoridades ambientales correspondientes, estos son:
 1. Superficie de área verde por habitante.
 2. Calidad del aire: (PM₁₀ y PM_{2,5}) en un año.
 3. Calidad del agua superficial: considerando los parámetros del WQI.
 4. Porcentaje de áreas protegidas urbanas incluidas en el POT que cuentan con PMA en ejecución.
 5. Porcentaje de residuos sólidos aprovechados.
 6. Porcentaje de población urbana expuesta a ruido por encima de los niveles permisibles.
 7. Población urbana que participa en gestión ambiental.
 8. Población urbana vinculada a estrategias de educación ambiental.
 9. Población urbana localizada en zonas de amenaza alta.
- **Indicadores indirectos:** Se refieren a datos obtenidos dentro de competencias y políticas diferentes a las ambientales pero que inciden sobre la calidad

ambiental, cuya generación es responsabilidad directa de las entidades territoriales:

1. Consumo residencial de agua por habitante.
2. Consumo residencial de energía por habitante.
3. Cantidad de residuos sólidos por habitante dispuesta en relleno sanitario.
4. Porcentaje de suelos de protección urbanos incluidos en el plan de ordenamiento territorial (POT) con conflictos por uso del suelo.
5. Espacio público efectivo por habitante.

Con el fin de calificar a los indicadores, se determinaron valores de referencia para cada uno, éstos se encuentran definidos en general a partir de estándares, normas, metas, parámetros establecidos o experiencias y reportes nacionales de indicadores de este tipo; en el caso de Colombia se estableció una escala para calificación entre 0 y 1, donde el menor valor es la peor condición del indicador y 1 la mejor condición del indicador.

El ICAU se obtiene a partir de la sumatoria de los valores finales correspondientes a los dos grupos de indicadores; el grupo de indicadores directos tiene un mayor peso (70%) con respecto a los indicadores indirectos (30%) para la definición de los resultados (Díaz, Granados y Valdés *Índice de calidad ambiental urbana ICAU* 2013). Se interpretan de acuerdo al puntaje obtenido después de la aplicación de las fórmulas, clasificándose en una calidad ambiental muy baja, baja, media, alta y muy alta.

El índice de calidad ambiental ICAU aplicado en Colombia, consideró para su cálculo nueve zonas urbanas correspondientes a Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, Cartagena, Cúcuta, Soledad, Bucaramanga e Ibagué, con una población total 16.696.734 equivalente al 56.1% de la población urbana del país, en las que se identificó la Autoridad Ambiental competente de acuerdo a sus funciones resultados (Díaz, Granados y Saldaña *Informe nacional de calidad ambiental urbana* 2013).

La mayoría de ciudades analizadas presentaron una calidad ambiental baja, seguidas por una calidad media, muy baja y por último una ciudad que no obtuvo calificación por la carencia de datos.

4.3 Índice de calidad Ambiental ICAUC – Cuenca Ecuador

Durante el año 2009, el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Cuenca, a través de la Comisión de Gestión Ambiental - CGA, en trabajo conjunto con la Universidad del Azuay - UDA, mediante un proyecto de consultoría, se calculó un Índice de Calidad Ambiental Urbano de Cuenca - ICAUC, que buscó desarrollar y adaptar una metodología para calcular un índice de calidad ambiental basado en indicadores ambientales que a corto plazo permitan evaluar la calidad ambiental del área urbana de la ciudad, resultados que fueron obtenidos a nivel parroquial

y posteriormente a nivel general del área urbana; el objetivo de disponer de este índice permitió al GAD Municipal adoptar y priorizar las actuaciones necesarias dentro del territorio en cuanto a temas de políticas ambientales (Universidad del Azuay e I. Municipalidad del Cantón Cuenca 2009).

El estudio consistió en el levantamiento de información primaria y secundaria referente a variables de diferente índole, que se agruparon en 5 factores o componentes, 16 ámbitos y 141 variables (Universidad del Azuay e I. Municipalidad del Cantón Cuenca 2009), lográndose calcular un ICAUC mediante la aplicación de la metodología de Análisis de Componentes Principales.

Componente 1: Ambiente sano

Los datos fueron tomados de la red de monitoreo de calidad del aire cuya actualización y publicación es responsabilidad de la EMOV-EP; son el resultado del monitoreo atmosférico realizado en 18 estaciones que forman parte de una “red pasiva de muestreo de contaminantes gaseosos”, que determinan las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO₂), ozono (O₃) y dióxido de azufre (SO₂); de igual manera se utilizaron los datos de la red de depósito de material particulado sedimentable (PTS) (15 puntos); y una red activa de material particulado menor a 10 micras (PM₁₀) que desde el año 2008 cuenta con 3 equipos automáticos de alto volumen para la obtención de muestras (Universidad del Azuay e I. Municipalidad del Cantón Cuenca 2009).

Fue necesario representar espacialmente los resultados, para lo cual se utilizó la técnica de interpolación, basada en el método de Distancias Inversas Ponderadas o Inverse Distance Weighted (IDW), este método asume que las cosas más cercanas son más parecidas que las que se encuentran distantes, por lo que los valores más cercanos al punto de predicción tendrán mayor influencia que aquellos que se encuentran más distantes.

Para el cálculo general del ICAUC, se obtuvieron los siguientes resultados en cuanto al aire ambiente:

Ozono (O₃), los valores registrados por los muestreadores pasivos no fueron comparados con la normativa nacional debido a que la metodología de medición no lo permitía por no estar considerada en dicha norma en el año 2009, sin embargo se realizó la comparación con los parámetros establecidos por la OMS, siendo el valor límite de **60 µg/m³**, media aritmética anual.

Dióxido de Nitrógeno (NO₂), de igual manera que en el Ozono, se utilizó el límite manejado por la OMS de **40 µg/m³**, media aritmética anual, en lugar de lo establecido por la norma ecuatoriana de 100 µg/m³. Se utilizó el de la OMS debido a que en comparación con la normativa nacional, el límite es mucho menor e incide de manera positiva sobre los resultados del ICAUC.

Dióxido de Azufre (SO₂), las concentraciones anuales de SO₂, tuvieron el mismo tratamiento en el uso y análisis de la información, por cuanto la normativa nacional tiene un límite de 80 µg/m³, mientras que el parámetro de la guía de la OMS es de **40 µg/m³**, *lo que se sustenta en el componente 1 “Institucionalidad de la Gestión de la Calidad del Aire” del Plan de Manejo de la Calidad del Aire de Cuenca 2009-2013, cuyo programa 1.1 “Fortalecimiento de la autoridad ambiental local” tiene entre sus líneas de acción la “Actualización y complementación permanente de la normativa de la calidad del aire para Cuenca”* (Universidad del Azuay e I. Municipalidad del Cantón Cuenca 2009, citado en Universidad del Azuay y GAD Municipal del Cantón Cuenca 2016).

Para el caso de las **partículas sedimentables**, se comparó con el promedio anual registrado ya que el objetivo es llegar a determinar la calidad ambiental a nivel parroquial, se contrarrestó la norma anual con la mensual de 1 mg/cm² x 30 días, debiendo aclarar que los valores obtenidos en la red determinan que mensualmente el nivel de concentración se mantiene elevado.

En el caso del **Material particulado PM₁₀**, el ICAUC utilizó el promedio anual registrado, tomando como límite el manejado por la OMS de **20 µg/m³**, media aritmética anual, tomando en cuenta que lo establecido en la normativa nacional es de **50 µg/m³**. Al igual que en los casos anteriores, debido a que los límites de la OMS son menores, aportan de manera significativa a la construcción del ICAUC.

El ICAUC asignó diferentes pesos a cada variable, en función de bibliografía especializada que determina la complejidad de los métodos para la determinación de las concentraciones y de la confiabilidad de los datos obtenidos, mismos que deberían ser revisados en función de nuevos datos y métodos empleados a futuro para determinar las diferentes concentraciones de contaminantes en el aire y los periodo de sus reportes.

En el ICAUC se indica claramente que: “Los pesos considerados fueron propuestos para este estudio y podrían ser modificados en lo posterior si la calidad de la información base mejora o si se incrementa el número de variables de entrada” (Universidad del Azuay e I. Municipalidad del Cantón Cuenca 2009) dejando abierta la posibilidad de incluir mayor número de variables para mejorar la confiabilidad de los datos a obtenerse.

En cuanto al **ruido ambiente**, considerando lo determinado en la normativa ambiental nacional, se realizó una evaluación de 23 puntos en donde se tomaron datos en varios horarios, para lo cual se consideró la división político administrativa (parroquias), los usos asignados al suelo urbano conforme lo determinado en la ordenanza vigente, el número de población posiblemente afectada, las fuentes generadoras de ruido, la densidad el tráfico vehicular y la identificación de puntos críticos o conflictivos. Fue necesario también realizar una evaluación del tráfico vehicular mediante una revisión de la densidad vehicular, misma que fue representada mediante un mapa

y la identificación de la intensidad del tráfico en las principales arterias de la ciudad dentro del área urbana.

En esta primera evaluación de ruido en la ciudad, se analizaron aspectos importantes referentes a los principales efectos del ruido sobre la salud de las personas, por lo que fue considerada como una de las variables más importantes en el cálculo del ICAUC. Se definió una red de monitoreo de ruido ambiente, mediante la identificación de las zonas más conflictivas en función del tráfico vehicular y de usos de suelo mixtos, para realizar las mediciones se utilizó un sonómetro que cumplió con los requisitos establecidos en la normativa ambiental nacional, de igual forma la metodología de medición fue la indicada en el TULSMA. En cada punto se realizaron cuatro mediciones de acuerdo a los horarios con mayor tráfico vehicular, esto es, las horas pico, en la mañana de 08H00 a 08H30, al medio día de 13H00 a 13H30, en la tarde de 18H00 a 18H30 y en la noche de 22H30 a 23H00.

La Empresa ETAPA-EP, desarrolla desde hace algunos años, el monitoreo de la calidad del agua de los ríos de Cuenca, por lo que se dispone de un índice de calidad del agua (WQI) basado en 9 parámetros: oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, DBO5, nitratos, fosfatos, temperatura, turbiedad y sólidos totales.

La red de monitoreo de ETAPA toma información periódica de 16 sitios distribuidos a lo largo de los cauces de los ríos de la ciudad. Para el cálculo del ICAUC, fue necesario considerar el cauce de los ríos, los valores medidos y la delimitación del área inmediata, que determinó la influencia de la calidad del agua de manera positiva o negativa en las diferentes parroquias urbanas de la ciudad, tomando como base el estudio denominado “Análisis espacial de la contaminación de la cuenca del Gran Santiago” realizado por Foix y Colil (2001), se definió un área de influencia directa de la red hídrica de 150m a cada lado de las fuentes de agua estudiadas.

El índice de calidad del agua (*Water Quality Index –WQI*, por sus siglas en inglés) reúne gran cantidad de *“datos referentes a la calidad del agua de un cauce (río) específico en términos simples utilizando una ponderación y un significado”* (Universidad del Azuay e I. Municipalidad del Cantón Cuenca 2009).

El índice WQI es utilizado a nivel internacional como una estimación estándar y ha sido construido para determinar los grados de contaminación de fuentes de agua desde el punto de vista de la conservación de los ecosistemas acuáticos, mas no desde el punto de vista sanitario.

Al igual que el ruido, el WQI es otra de las variables prioritarias para el cálculo del ICAUC, ya que nos indica la calidad del agua y su grado de afección ambiental dentro de las zonas pobladas de la ciudad.

TABLA N° 1.3: Ámbitos y variables utilizadas en el Factor Ambiente sano

Factores	Ámbitos	Variables	Instancia
Ambiente Sano	Aire ambiente	Concentración de NO ₂ (pasivo)	CUENCAIRE
		Concentración de SO ₂ (pasivo)	CUENCAIRE
		Concentración de CO**	CUENCAIRE
		Concentración de material sedimentable	CUENCAIRE
		PM ₁₀	CUENCAIRE
		Denuncias por olores molestos	CGA
	Ruido	Ruido diurno	UDA
		Ruido nocturno	UDA
		Denuncias ciudadanas	CGA
	Agua de ríos	WQI*	ETAPA
	Suelo	Área urbanizable construida	Avalúos
		Área verde institucional	Avalúos
		Densidad área verde	Avalúos
		Erosión	POT
	Número de Industrias	Número de Industrias	CGA
	Industrias por actividad	Industrias por actividad	CGA
	Parque automotor particular	Número de vehículos	CUENCAIRE/PEC

Fuente: Universidad del Azuay e I. Municipalidad del Cantón Cuenca 2009.

Elaboración: Propia.

Componente 2: infraestructura, hábitat y transporte.

El factor de **infraestructura urbana** estableció el porcentaje de cobertura en los servicios básicos por parroquia; así como la superficie de área verde por habitante y el número de equipamientos por parroquia.

En cuanto a la calidad del hábitat, se estableció en porcentaje, el hacinamiento y la densidad demográfica por parroquia. En el caso del transporte urbano, se determinó la densidad de tráfico por parroquia. En los tres casos, se tomó información importante de los sistemas de información REDATAM Y SIISE; con datos oficiales del censo realizado en el año 2001 (por parroquias urbanas), de igual manera se utilizó información adicional proveniente de otras fuentes con diferentes niveles de representación en el territorio, una vez analizada y transformada, se realizó una ponderación a nivel del grado de impacto ambiental que se puede generar.

Componente 3: socio-económico y gestión.

Dentro del cálculo del ICAUC, se determinaron variables de índole social, a las cuales se les otorgaron pesos significativos, debiendo indicar que la cantidad de datos existentes fue abundante, ya que se encontraban levantadas a partir del último censo poblacional desarrollado en el año 2001.

Salud: (Datos por parroquia)

- Diez principales causas de muerte
- Morbilidad por consulta

Educación: (Datos por cantón)

- Escolaridad
- Analfabetismo
- Tasa bruta de escolarización
- Tasa neta de escolarización

Seguridad social: (Datos del IESS, interpolados con la población de las parroquias urbanas)

Número de afiliados al IESS

Económico:

- Población económicamente activa.
- Población en edad de trabajar.
- Tasa global de participación laboral.
- Tasa bruta de participación laboral.

Componente 4: áreas verdes de la ciudad.

Fueron evaluados 167 parques (áreas verdes públicas) con diversos tipos de coberturas de vegetación, alcanzando un aproximado de 95 ha de áreas verdes públicas, de las cuales se determinó que el número, densidad y variedad de árboles y arbustos es baja, en función de la extensión de la ciudad y el número de habitantes.

Los resultados demostraron que el parque El Paraíso y los parques lineales son las áreas verdes más extensas en la ciudad y con mayor diversidad de especies arbóreas, siendo los más comunes eucalipto, sauce, álamo, acacia y molle; no se identificó un número significativo de especies nativas.

El ICAUC definió el porcentaje de tipo de cobertura, de acuerdo a las siguientes categorías:

- Césped (C)

- Césped con árboles y arbustos (CAA)
- Árboles y arbustos (AA)
- Jardines (J)
- Infraestructura: caminos, canchas, área de juegos (CCAJ), que en este caso no se trata de áreas verdes.

Los datos analizados en el año 2009, indicaron que en relación al área total de cada parroquia, las que poseen una mayor superficie son: Gil Ramírez Dávalos con 6,4% de su extensión con áreas verdes, El Sagrario con un 4%, Cañaribamba con 3% y San Blas con 2% (Universidad del Azuay e I. Municipalidad del Cantón Cuenca 2009).

Construcción del ICAUC.

La construcción del Índice de Calidad Ambiental Urbano de Cuenca (ICAUC), consistió en un proceso de selección de las variables socio-económicas más significativas, posterior a ello se realizó la aplicación de la metodología de las funciones de decisión de criterio múltiple sobre todas las variables socio-económicas y ambientales, lo que permitió construir el Indicador Ambiental. Por último se realizó una “Modelización del Indicador Ambiental obtenido usando algoritmos genéticos de las variables ambientales y socio-económicas más significativas y regresión multivariante de mínimos cuadrados” (Universidad del Azuay e I. Municipalidad del Cantón Cuenca 2009).

De las 141 revisadas originalmente, fueron consideradas 56 variables para el cálculo del ICAUC:

TABLA N° 1.4: 56 variables consideradas para la construcción del ICAUC

Id	Variable
Var1	Analfabetismo
Var4	Población de 24 años y más
Var5	Escolaridad Años promedios
Var9	Tasa bruta escolar
Var14	Vivienda propia
Var19	Uso de leña o carbón para cocinar
Var23	No. Habitantes /Ha
Var27	Tasa global de participación laboral
Var29	Tasa global de ocupación
Var30	Niños/as que trabajan y no estudian
Var33	Extrema pobreza por necesidades básicas insatisfechas
Var47	Abastecimiento agua red pública
Var56	Eliminación aguas servidas red pública alcantarillado
Var62	Eliminación basura por carro recolector
Var66	Habitantes por Km2
Var67	Área verde

Var68	NO2
Var69	O3
Var70	Partículas sedimentables
Var71	SO2
Var72	PM10
Var73	Instituciones publicas
Var74	Densidad de tráfico-Bajo-Rango Densidad(10000;15000)
Var75	Densidad de tráfico-Medio-Rango Densidad(25000;30000)
Var76	Densidad de tráfico-Alto-Rango Densidad(35000;<40000)
Var77	Rutas de Transporte Urbano
Var78	Recolección de aceites en talleres
Var79	Localización de gasolineras
Var80	Localización de distintos tipos de equipamientos Rango 1
Var81	Localización de distintos tipos de equipamientos Rango 2
Var82	Localización de distintos tipos de equipamientos Rango 3
Var83	Índice de vegetación NDVI
Var84	Índice de vegetación NDVI
Var85	Estado de la Vivienda
Var86	Estado de la Vivienda
Var87	Estado de la Vivienda
Var88	Número de pisos
Var89	Número de pisos
Var90	Número de pisos
Var91	Coefficiente máximo de Ocupación de Suelo COS
Var92	Mercados
Var93	Localización de contenedores de basura (mercados)
Var94	WQI área buena área
Var95	WQI área media
Var96	WQI área mala
Var97	WQI área muy mala
Var98	ruido mañana
Var99	ruido medio día
Var100	ruido tarde
Var101	ruido noche
Var 102	% zona geológicamente inestable
Var103	%zona derrumbe
Var104	%zona deslizamientos
Var105	%zonas inundaciones e inestabilidad
Var106	%zonas con limitaciones topográficas
Var107	%zonas protección natural

Fuente: Universidad del Azuay e I. Municipalidad del Cantón Cuenca 2009.

Elaboración: Propia.

Las variables fueron definidas bajo dos instancias, mediante un levantamiento de información secundaria, que fue proveída por la misma Corporación Municipal, así como instituciones

públicas gubernamentales y universidades, fue posible recabar datos cuantitativos y cualitativos importantes referentes a aspectos ambientales, tales como: residuos sólidos, agua, aire, ruido, suelo, espacio público, consumo de energía, tránsito, calidad de vivienda y biodiversidad, mismos que de manera sistemática fueron analizados estadísticamente logrando establecer un “sistema de indicadores ambientales” e indicadores sociales, que aportaron a la construcción del ICAUC.

Por otra parte, también fue necesario realizar el levantamiento de información primaria, en este particular, se realizaron mediciones de ruido ambiente en 23 puntos de la zona urbana de la ciudad, considerando horarios diurnos y nocturnos, así como las metodologías establecidas en la normativa nacional y los usos de suelo definidos en la ordenanza de uso y ocupación de suelo en vigencia.

De igual manera, se recabó información primaria mediante un diagnóstico de las áreas verdes de Cuenca en la zona urbana, habiéndose identificado parques, plazas, así como información referente a la variedad de árboles y arbustos.

Una vez sistematizadas las diferentes variables dentro de los 5 factores y 16 ámbitos, se recopiló información cartográfica existente, y se conformó la alfanumérica necesaria que fue georeferenciada, analizada y gestionada, lográndose un análisis espacial modelado y representación temática de cada una de las variables estudiadas.

Una vez definidos los indicadores ambientales, se procedió a su transformación en variables estadísticas a nivel de parroquias, considerando como media pesada a la población en el caso de variables sociales, y a la media pesada en superficie en el caso de variables ambientales.

Mediante la utilización del programa DART, se organizó la base de datos de variables con los pesos establecidos y se moduló según las funciones de utilidad seleccionadas. Luego de estas operaciones, se procedió a calcular el ranking total del ICAUC de cada parroquia urbana (Universidad del Azuay y GAD Municipal del Cantón Cuenca 2016), obteniéndose así el Índice a nivel parroquial y uno urbano mediante el promedio de los parroquiales.

Una vez moduladas todas las variables se ha construido la función de utilidad ambiental global, es decir el ICAUC, mediante la siguiente expresión:

FÓRMULA N° 1. 1. Cálculo del ICAUC

$$U = ICAUC \sum_{i=1}^n (w_i u_i)$$

Donde:

w_i = peso de cada variable que se calcula mediante: $w_i = \frac{peso_i}{\sum_1^n (peso_i)}$; $0 \leq w_i \leq 1$

u_i = función de utilidad ambiental de cada variable que se calcula mediante:

$u_i = f_i(y_i)$ en la que f_i es la función de modulación escogida e y_i es el valor de la variable natural.

Todas las funciones de utilidad ambiental parciales están normalizadas entre 0 y 1, por lo que el ICAUC obtenido tendrá también valores entre cero (mínimo) y uno (máximo).

El cálculo del ICAUC según la metodología antes presentada se ha realizado mediante el software DART (TALETE srl), y se han obtenido los siguientes valores para cada parroquia:

Los valores obtenidos de acuerdo a cada parroquia se interpretan de acuerdo a la siguiente tabla:

TABLA N° 1.5: Evaluación según los valores obtenidos

Valores utilidad (ICAUC)	Evaluación
1 - 0.8	Excelente
0.8 - 0.63	Bueno
0.63 - 0.37	Aceptable pero pobre
0.37 - 0.20	Límite de aceptable
0.20 - 0	No aceptable

Fuente: Universidad del Azuay e I. Municipalidad del Cantón Cuenca 2009.

Elaboración: Propia.

TABLA N° 1.6: Resultados ICUAC por parroquia

Parroquia	Valores	Calificación
Machángara	0.734	bueno
San Sebastián	0.733	bueno
Bellavista	0.711	bueno
Yanuncay	0.666	bueno
Hermano Miguel	0.638	bueno
Monay	0.615	aceptable pero pobre
Sucre	0.579	aceptable pero pobre
Huayna Cápac	0.563	aceptable pero pobre
El Batán	0.538	aceptable pero pobre
El Vecino	0.507	aceptable pero pobre
Totoracocha	0.503	aceptable pero pobre
Cañaribamba	0.499	aceptable pero pobre
San Blas	0.494	aceptable pero pobre

El Sagrario	0.437	aceptable pero pobre
Gil Ramírez D.	0.4	aceptable pero pobre

Fuente: Universidad del Azuay e I. Municipalidad del Cantón Cuenca 2009.

Elaboración: Propia.

Se concluyó que tomar como unidad territorial a la parroquia, no es recomendable, debido a que las periféricas son muy heterogéneas por la presencia de elementos rurales, lo que alteraría aparentemente los resultados.

Por otra parte, de acuerdo al tipo de información utilizada para la construcción del índice, los promedios tomados de las variables ambientales, son por lo general anuales, mientras que las sociales corresponden a un período de 10 años, lo que altera de manera significativa los resultados a obtenerse, por lo que se recomienda una constante actualización de las variables.

Otro problema encontrado ha sido la falta de homogeneidad en los datos proporcionados por la misma institución, en este caso el municipio, que maneja información similar pero estructurada desde diferentes puntos de vista, conforme las necesidades de cada dirección municipal.

Los resultados obtenidos muestran que las parroquias centrales de la Ciudad tienen los índices más bajos, influenciados por el tráfico (PM_{10} y ruido), baja densidad de áreas verdes y alta densidad mobiliaria.

CAPÍTULO II: ÁREA DE ESTUDIO, MATERIALES Y MÉTODOS

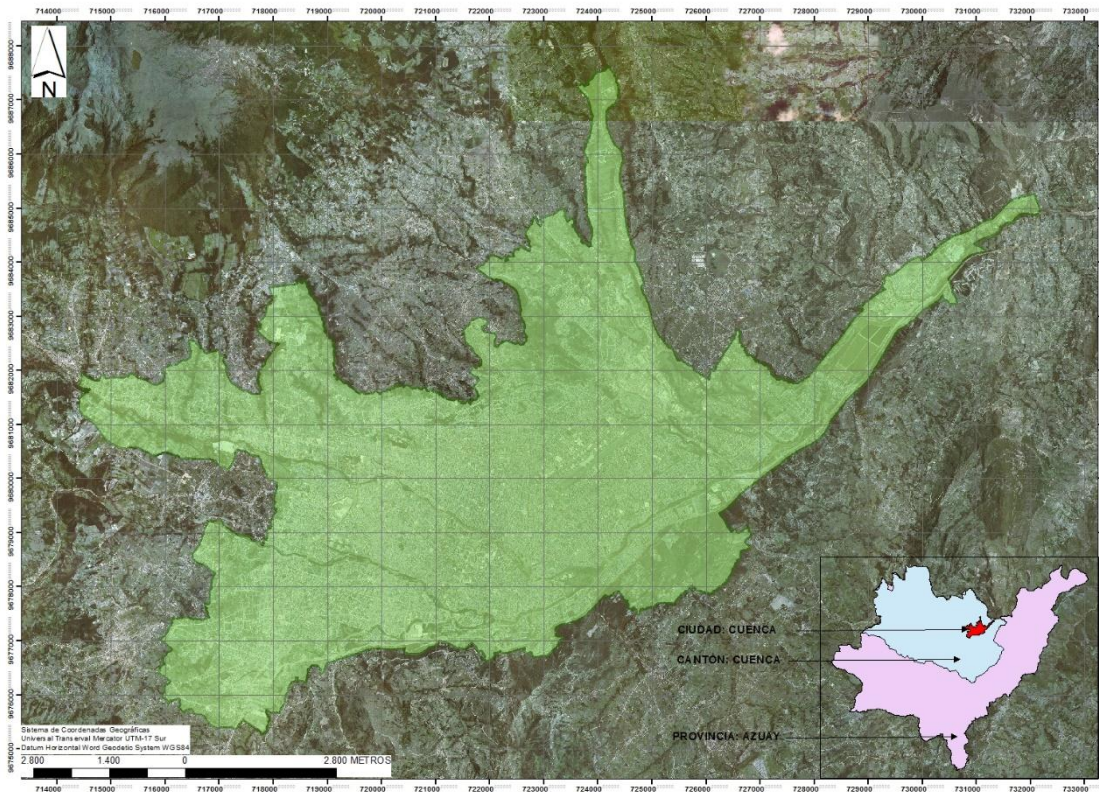
5. Área urbana de la ciudad de Cuenca

La ciudad de Cuenca, está ubicada al Sur del Ecuador, es la capital del Cantón Cuenca, se encuentra a una altura de 2550 m.s.n.m. y está asentada en la hoya del río Paute (Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca EMOV EP 2015).

El área urbana de Cuenca está atravesada por un importante sistema fluvial, los ríos Machángara, Tarqui, Tomebamba y Yanuncay, que confluyen al río Cuenca y de manera posterior son afluentes del Paute, que a su vez forma parte del Santiago, afluente del Amazonas. Cuenca tiene un clima templado, con una temperatura media anual de 15° C, su pluviosidad va desde los 700 a 1100 mm/año y tiene una humedad relativa del 75% (Ilustre Municipalidad del Cantón Cuenca Plan Energético de Cuenca 2007, citado en Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca EMOV EP 2015).

Conforme el último censo de población y vivienda realizado en el año 2010, el Cantón Cuenca tenía 505.585 habitantes, de los cuales 331.888 habitantes (65,6%) residían en el área urbana de la ciudad, mientras que los restantes, en las diferentes parroquias rurales (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Cuenca *PDOT Tomo 2: Propuesta* 2015). Las proyecciones realizadas por el PDOT 2015, conforme datos del INEC la población de Cuenca para el año 2030 será de 772.808 habitantes (horizonte del PDOT), de los cuales el 63,16% vivirá en el área urbana (GAD Municipal del Cantón Cuenca *PDOT Tomo 2: Propuesta* 2015).

Dentro del componente biofísico del PDOT 2015, se considera como los principales problemas en la ciudad: la deforestación y pérdida de biodiversidad; conflictos legales debido al constante cambio de uso de suelo sobre territorios con características ambientales ideales para la conservación, ocupación de márgenes de ríos y quebradas; el cambio climático y aumento de factores de riesgo, debido a las acciones antrópicas; y la degradación de la calidad de vida ocasionada por problemas ambientales.

MAPA N° 2.1: Límite de la zona de estudio, área urbana de Cuenca.

Fuente: GAD Municipal del Cantón Cuenca y Universidad del Azuay.

Elaboración: Propia.

6. Materiales, métodos y metodología

6.1 Aplicación de un Índice de Calidad Ambiental en la ciudad de Cuenca

Las variables seleccionadas para la construcción de un índice deben ser representativas y tener relación con un ámbito geográfico, pudiendo tornarse un procedimiento arbitrario que no se justifica en su totalidad y por lo tanto una variable podría tener mayor ponderación o valoración que otra (Tanguay et. al. 2010). De igual forma se debe considerar a una de las variables como parte de una categoría, y su agrupación corresponde a una forma de organizar la información de acuerdo con la similitud existente entre las variables y la finalidad del índice (Celemín y Velázquez 2011).

La metodología planteada por EQI resultaría compleja para la cantidad y calidad de información que se dispone en Cuenca, puesto que para su construcción se requiere de gran cantidad de datos que involucran variables tanto ambientales, como también relacionadas con la salud humana, aspectos sociodemográficos, entre otros; por otra parte, el EQI determina un índice en función de la comparación entre dos aspectos, el urbano y el rural. Debemos indicar que en nuestra ciudad la única información fuera del perímetro urbano es la correspondiente a la calidad

del agua en las principales cuencas hidrográficas y los aspectos relacionados a uso de suelo determinados en el PDOT del año 2015, por lo tanto resulta insuficiente la cantidad de información para conformar un índice con esta metodología.

Por otra parte, la experiencia de Colombia para determinar un índice de calidad ambiental analiza la dinámica de la ciudad en función del número de habitantes que residen en el área urbana y su interacción con el entorno físico, agrupando a las ciudades por el tamaño de su población, problemas ambientales en común y disponibilidad de información; este cálculo se realiza en base a un número reducido de indicadores relacionados de manera directa e indirecta con el aspecto ambiental como son, la calidad del aire, agua, gestión institucional, hábitos de consumo y aporte ciudadano, por lo que al analizarlo, ha sido posible determinar un grado de coincidencia con las necesidades de nuestra ciudad. Cabe recordar la propuesta anterior para determinar el índice de calidad ambiental urbano de Cuenca elaborada mediante un trabajo conjunto entre la Universidad del Azuay y la Comisión de Gestión Ambiental en el año 2009, mismo que fue revisado en el presente trabajo y que muestra claramente la incidencia e importancia que se le atribuye a variables sociales sobre las ambientales, razón por la cual no fue utilizada nuevamente por la complejidad que representa el actualizar la información social, datos que dependen de los censos de población y vivienda que se realizan en nuestro país con una periodicidad de 10 años, resultando inconsistente el tratar de conocer la realidad ambiental en lapsos de tiempo tan grandes. Se deben buscar alternativas que permitan la obtención de indicadores de manera más dinámica para tomar decisiones desde el gobierno local a corto plazo, puesto que las acciones emprendidas desde el ámbito ambiental, inciden de manera directa sobre la calidad de vida de los ciudadanos.

El tipo de indicadores utilizados en la metodología del ICAU, son semejantes a los disponibles en la ciudad Cuenca, y se están levantando periódicamente por instituciones como el gobierno local y la academia, indicadores sobre la calidad del aire que en el caso de nuestra ciudad se encuentra a cargo de la EMOV-EP con la red de monitoreo continuo; ruido ambiente mediante la actualización periódica de los mapas de ruido con la responsabilidad de la UDA y CGA; calidad y consumo del agua por ETAPA-EP; gestión de desechos sólidos a cargo de la EMAC-EP; energía eléctrica por las empresas suministradoras de la energía en cada zona, en este caso Empresa Eléctrica Regional Centro SUR; área verde y espacio público por habitante, cuya planificación está a cargo de la Corporación Municipal; como los más relevantes para la construcción del índice general, aunque existan algunos indicadores cuya información se encuentra dispersa, constituye un esfuerzo el recopilar y completar la información requerida.

Como se demuestra en los análisis realizados a continuación, la versatilidad de los indicadores, la metodología de cálculo, la pertinencia de las variables requeridas y la información existente en nuestra ciudad, se acoplan a la realidad local con sus aspectos específicos así como las normativas urbanas y ambientales, por lo tanto se considera al ICAU como el método idóneo

para ser aplicado en la ciudad de Cuenca por el tamaño de la población y su incidencia en el entorno, para la determinación de un índice de calidad ambiental con resultados útiles en los que confluyan los esfuerzos tanto del sector público como privado.

Por lo tanto, la propuesta del índice de calidad ambiental urbana de Cuenca, considera como criterio de importancia el tamaño de la población (en la cabecera cantonal) entre 100.000 y 500.000 habitantes, con los siguientes indicadores directos e indirectos, los valores de referencia y la calificación correspondiente (TABLA N° 2.1):

TABLA N° 2.1: Indicadores directos e indirectos del ICAU para Cuenca.

Indicadores directos		
Generados por responsabilidad directa de las autoridades ambientales correspondientes		
Indicador	Valor de referencia	Calificación
Superficie de área verde por habitante	Menor o igual a 3m ² /hab	0
	Entre 3,01 m ² /hab y 1,5m ² /hab	0.3
	Entre 4,51 m ² /hab y 6 m ² /hab	0.5
	Entre 6,01 m ² /hab y 7,5 m ² /hab	0.8
	Mayor a 7,5 m ² /hab	1
Calidad del aire: (PM10 y PM2,5) en un año	Mayor a 300	0
	Entre 201 y 300	0.3
	Entre 101 y 200	0.5
	Entre 51 y 100	0.8
	Entre 0 y 50	1
Calidad del agua superficial WQI	Entre 0-0,25	0
	Entre 0,26-50	0.3
	Entre 0,51-0,70	0.5
	Entre 0,71-0,90	0.8
	Mayor a 0,90	1
Porcentaje de áreas protegidas urbanas incluidas en el POT que cuentan con PMA en ejecución	Menor o igual al 40% de la superficie total de áreas protegidas dentro del perímetro urbano incluidas en POT	0
	Entre 40,01-50% de la superficie total de áreas protegidas dentro del perímetro urbano incluidas en POT	0.3
	Entre el 50,01 y el 60% de la superficie total de áreas protegidas dentro del perímetro urbano incluidas en POT	0.5

	Entre el 60,01 y el 70% de la superficie total de áreas protegidas dentro del perímetro urbano incluidas en POT	0.8
	Mayor al 70% de la superficie total de áreas protegidas dentro del perímetro urbano incluidas en POT	1
Porcentaje de residuos sólidos aprovechados	Menor o igual al 5% del total de residuos sólidos generados	0
	Entre el 5,1% al 10% del total de residuos sólidos generados	0.3
	Entre el 10,1 y el 15% del total de residuos sólidos generados	0.5
	Entre el 15,1 y el 20% del total de residuos sólidos generados	0.8
	Mayor al 20% del total de residuos sólidos generados	1
Porcentaje de población urbana expuesta a ruido por encima de los niveles permisibles	Mayor al 4% del total de población urbana (cabecera)	0
	Entre el 3,1 y el 4% del total de población urbana (cabecera)	0.3
	Entre el 2,1 y el 3% del total de población urbana (cabecera)	0.5
	Entre el 1,1% y el 2% del total de población urbana (cabecera)	0.8
	Menor o igual al 1% del total de población urbana (cabecera)	1
Población urbana que participa en gestión ambiental	Menor a 20 personas por cada 1000 habitantes del área urbana (cabecera)	0
	Entre 31 y 20 personas por cada 1000 habitantes del área urbana (cabecera)	0.3
	Entre 51 y 30 personas por cada 1000 habitantes del área urbana (cabecera)	0.5
	Entre 70 y 50 personas por cada 1000 habitantes del área urbana (cabecera)	0.8
	Mayor a 70 personas por cada 1000 habitantes del área urbana (cabecera)	1
Población urbana vinculada a estrategias de educación ambiental	Menor a 4 personas por cada 1000 habitantes del área urbana (cabecera)	0
	De 6 a 4 persona por cada 1000 habitantes del área urbana (cabecera)	0.3
	De 8 a 6 personas por cada 1000 habitantes del área urbana (cabecera)	0.5
	De 10 a 8 personas por cada 1000 habitantes del área urbana (cabecera)	0.8

	Mayor a 10 personas por cada 1000 habitantes del área urbana (cabecera)	1
Población urbana localizada en zonas de amenaza alta	> 7% de población urbana	0
	Entre 5,1 y 7% de la población urbana	0.3
	Entre el 3,1 y el 5% de la población urbana	0.5
	Entre el 1,1 y el 3% de la población urbana	0.8
	< al 1% de la población urbana	1
Indicadores indirectos		
Datos obtenidos dentro de competencias y políticas diferentes a las ambientales pero que inciden sobre la calidad ambiental, cuya generación es responsabilidad directa de las entidades territoriales		
Indicador	Valor de referencia	Calificación
Consumo residencial de agua por habitante	Mayor al 90% establecido en RAS para el nivel de complejidad y clima	0
	Entre el 80,1 y el 90% del valor establecido en RAS por nivel de complejidad y clima	0.3
	Entre 75 y el 80% del valor establecido en el RAS por nivel de complejidad y clima	0.5
	Entre el 70 y el 75% del valor establecido en el RAS por nivel de complejidad y clima	0.8
	Menor al 75% valor establecido en RAS por nivel de complejidad y clima	1
Consumo residencial de energía por habitante	Mayor al 15% del promedio nacional	0
	Mayor al promedio nacional y hasta el 14,9% del promedio nacional	0.3
	Igual al promedio nacional y hasta el 90% del promedio nacional	0.5
	Entre el 80 y el 89,9% del promedio nacional	0.8
	Menor al 80% del promedio nacional	1
Cantidad de residuos sólidos por habitante dispuesta en relleno sanitario	Mayor a 1 kg/hab/día	0
	Entre 0,81 y 1 kg/hab/día	0.3
	Entre 0,71 y 0,8 Kg/hab/día	0.5
	Entre 0,61 y 0,7 Kg/hab/día	0.8
	Menor o igual a 0,60 kg/hab/día	1

Porcentaje de suelos de protección urbanos incluidos en el plan de ordenamiento territorial (POT) con conflictos por uso del suelo	Mayor al 25% de Suelos de protección urbano incorporados en el POT en conflicto de uso de suelo	0
	Entre el 20,1 y el 25% de Suelos de protección urbano incorporados en el POT en conflicto de uso de suelo	0.3
	Entre el 15,1 y el 20% de Suelos de protección urbano incorporados en el POT en conflicto de uso de suelo	0.5
	Entre 10,1 y 15,0% de Suelos de protección urbano incorporados en el POT en conflicto de uso de suelo	0.8
	Menor o igual al 10% de Suelos de protección urbano incorporados en el POT en conflicto de uso de suelo	1
Espacio público efectivo por habitante	Menor o igual a 3,00 m ² /hab	0
	Entre 3,01 y 4,00 m ² /hab	0.3
	Entre 4,01 y 5,00 m ² /hab	0.5
	Entre 5,01 y 6,00 m ² /hab	0.8
	Mayor a 6,00 m ² /hab	1

Fuente: Díaz, Granados y Valdés *Índice de Calidad Ambiental Urbana* 2013.

Elaboración: Propia.

La calificación o peso que se otorga a cada indicador se establece de acuerdo al valor de referencia obtenido en una escala desde 0 como el valor más bajo o el peor escenario hasta 1 como el valor otorgado al más óptimo (TABLA N° 2.2).

TABLA N° 2.2: Calificación de los indicadores de calidad ambiental ICAU.

Valor de referencia	Descripción
0	Muy bajo
0.3	Bajo
0.5	Medio
0.8	Alto
1	Muy Alto

Fuente: Díaz, Granados y Valdés *Índice de Calidad Ambiental Urbana* 2013.

Elaboración: Propia.

El grado de importancia tanto de los indicadores directos como indirectos no es el mismo, por lo que de acuerdo a Díaz, Granados y Valdés *Índice de Calidad Ambiental Urbana* 2013, se establece lo siguiente:

FÓRMULA N° 2.1. Cálculo del valor final directo ICAU, peso mayor (indicadores directos)

Indicadores Directos (ID): tienen un peso mayor, correspondiéndole un 70 % del total.

$$VFD = \sum VOI \times \frac{70}{\# \text{ de indicadores del grupo reportados}}$$

FÓRMULA N° 2.2. Cálculo del valor final indirecto ICAU, peso menor (indicadores indirectos)

Indicadores Indirectos (II): tienen un peso menor, correspondiéndole un 30 % del total.

$$VFI = \sum VOI \times \frac{30}{\# \text{ de indicadores del grupo reportados}}$$

Donde:

VOI = valor obtenido del indicador de acuerdo con la escala de calificación asignada a cada valor de referencia.

Con los valores obtenidos de cada grupo de indicadores se realiza una sumatoria para determinar el valor final del índice.

FÓRMULA N° 2.3. Cálculo del valor final del índice.

$$ICAU = VFD + VFI$$

La interpretación de los resultados se analiza en base al puntaje y a la clasificación de calidad ambiental urbana (TABLA 2.3).

TABLA N° 2.3: Matriz de referencia para la asignación de la calidad ambiental urbana ICAU.

Calidad Ambiental Urbana	Puntaje
Muy baja calidad ambiental	< a 20 puntos
Baja calidad ambiental	20,1 a 40 puntos
Media calidad ambiental	40,1 a 60 puntos
Alta calidad ambiental	60,1 a 80 puntos
Muy alta calidad ambiental	> al 80 puntos

Fuente: Díaz, Granados y Valdés *Índice de Calidad Ambiental Urbana* 2013.

Elaboración: Propia.

De los catorce indicadores (directos e indirectos) anteriormente citados, se realizó un análisis y una selección de la cantidad y calidad de la información suministrada por el GAD Municipal del

Cantón Cuenca, sus empresas públicas y la Universidad del Azuay con el fin de determinar aquellos útiles para ser aplicados en la construcción del Índice de Calidad Ambiental para la ciudad de Cuenca en base a los datos obtenidos desde el año 2014.

La estimación del número de habitantes para todos los indicadores, fue tomado de las proyecciones realizadas por la Unidad de Proyectos de la Dirección General de Planificación del GAD Municipal del Cantón Cuenca con los datos del Censo de población realizado en el año 2010 del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

Población Urbana 2016 INEC: 381,201 habitantes.

Los indicadores considerados para la construcción del Índice de Calidad Ambiental de la ciudad de Cuenca son los siguientes (TABLA N° 2.4):

TABLA N° 2.4: Indicadores directos e indirectos considerados para el Índice de Calidad Ambiental de Cuenca.

Indicador	Fuente
Directos	
Superficie verde urbana por habitante	GAD Cuenca - Dirección de Planificación
Calidad de aire	EMOV - EP
Calidad del agua superficial	ETAPA - EP
Porcentaje de población urbana expuesta a ruido por encima de los niveles permisibles	UDA y GAD Cuenca - CGA
Indirectos	
Consumo residencial de agua por habitante	ETAPA - EP
Consumo residencial de energía por habitante	Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos EERCS
Cantidad de residuos sólidos por habitante dispuestos en relleno sanitario	EMAC - EP
Espacio público efectivo por habitante	GAD Cuenca - Dirección de Avalúos, Catastros y Estadísticas

Fuente: GAD Municipal del Cantón Cuenca, Universidad del Azuay, ETAPA – EP, EMOV – EP, EMAC – EP, Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos y EERCS.

Elaboración: Propia.

No fue posible aplicar todos los indicadores, ya que en algunos casos la información está desactualizada, se encuentra en proceso de levantamiento o simplemente no existe; los indicadores que no se incluyeron en el análisis son los siguientes:

Indicadores directos:

- Porcentaje de Áreas protegidas urbanas incluidas en el POT que cuentan con PMA en ejecución: El área urbana de la ciudad se encuentra consolidada, de acuerdo a la información municipal, tanto de las direcciones de Planificación como de la Comisión de Gestión Ambiental, no existen zonas o áreas dentro del territorio urbano que cuenten con declaratorias de protección vinculadas a la obligación de elaborar planes de manejo ambiental y los debidos monitorios ambientales para ser controlados y aprobados por la Autoridad Ambiental Nacional, sin embargo, se distinguen importantes espacios verdes que forman parte de los parques y del sistema del cinturón verde (proyectos en ejecución), que son considerados como equipamientos urbanos con fines recreativos y un derecho al espacio público.
- Porcentaje de residuos sólidos aprovechados: no se registran estadísticas a esta escala porque se tratar de una actividad informal (recicladores) y en muchos casos existen personas que la ejercen si pertenecer a ninguna asociación.
- Población urbana que participa en gestión ambiental y población urbana vinculada a estrategias de educación ambiental: si bien existen entidades públicas y privadas que desarrollan actividades relacionadas a la gestión ambiental, no se cuenta con estadísticas a nivel local que permitan conocer en su totalidad el número de ciudadanos u organizaciones que trabajan en este tema.
- Población urbana localizada en zonas de amenaza alta: Esta información se encuentra en proceso de levantamiento y validación mediante la construcción del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Cuenca, por lo que se deja sentada la posibilidad de incluir a corto plazo este indicador para futuras actualizaciones del índice.

Indicador Indirecto:

- Porcentaje de suelos de protección urbanos incluidos en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) con conflictos por uso del suelo: A nivel municipal existe información parcial sobre este particular, por lo cual no es posible incluir esta variable para el análisis del Índice de Calidad Ambiental aplicado a nuestra ciudad.

6.2 Indicadores considerados

Indicadores directos:

- **Superficie de área verde por habitante.**

Las áreas verdes urbanas son todos los espacios de propiedad y acceso público, que se caracterizan por tener gran cantidad de cobertura vegetal, dentro de este grupo están los parques, zonas boscosas y áreas naturales, mismas que pueden o no estar planificadas, o tener un carácter más natural, en estas se desarrollan por lo general actividades de esparcimiento y ocio (Schipperijn et. al. 2010).

Debido al crecimiento y a la expansión urbana, las áreas verdes adquieren mayor importancia por su aporte directo hacia la salud de las personas debido a las implicaciones ecológicas y sociales dentro de los espacios urbanos, ya que favorecen a la conservación de la biodiversidad local (Malca 2013).

La vegetación como parte de los ecosistemas urbanos aporta con beneficios ambientales tanto a la población como al medio ambiente urbano, sin embargo su composición, cobertura y distribución se ven afectadas por los procesos de expansión urbana y desarrollo (socio-económicos), algunos de los beneficios ambientales son los siguientes (Malca 2013):

- Captación de carbono (C), absorción de otros contaminantes, disminución de las Emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COVs).
- Mejora la calidad del aire reduciendo contaminantes atmosféricos tales como O₃, PM, SO_x, CO y NO_x (Malca, N. 2013).
- Liberación de oxígeno (O).
- Regulación del microclima y reducción del efecto de las islas de calor.
- Amortiguamiento del ruido de la ciudad.
- Aumenta el valor patrimonial de los espacios.
- Provee sombra y modera la temperatura afectando el uso de la energía (Escobedo et. al. 2006, citado en Malca 2013).
- Aportan a nivel radicular nitrógeno, elemento indispensable para el mantenimiento de los ciclos naturales y la fertilidad del suelo.
- Sirven de fuente de vida para un sinnúmero de especies de aves, insectos, que forman parte del ciclo de vida urbano (García & Paz, Ed., 2008, citado en Malca 2013).
- Reduce el escurrimiento, minimizando, así la erosión del suelo y la producción de polvo (Dwyer y Miller, citado en Malca 2013).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estableció como recomendación una superficie mínima de nueve metros cuadrados de áreas verdes por habitante (9m²/hab) dentro de zonas urbanas, correspondiente al mínimo exigible para una razonable urbanización (Maya y Aguilar 2010). Sin embargo, el indicador definido como referencia no determina las condiciones de accesibilidad para dichas áreas, ni tampoco menciona condicionantes para su distribución al interior de la ciudad (Reyes y Figueroa 2010).

El Indicador de Áreas Verdes, es igual al número de metros cuadrados de áreas verdes urbanas por habitante, y está definida por la siguiente formula (Díaz, Granados y Valdés *Índice de Calidad Ambiental* 2016):

FÓRMULA N° 2.4: Cálculo de áreas verdes ICAU 2016.

$$AVU_{pc} = \frac{AVU}{PUT}$$

Donde:

AVU_{pc} = Área verde urbana por habitante (m^2)

AVU = Total de áreas verdes urbanas (m^2)

PU_{jt} = Población urbana total (cabecera) (número de personas)

Para la aplicación de la metodología, se utilizó la clasificación de las áreas verdes y el valor calculado del indicador, elaborada por la Dirección de Planificación del GAD Municipal del Cantón Cuenca, a través de la Unidad de Proyectos como línea base de la administración 2014-2019, refiriéndonos al área computable equivalente a 2,503,251.63 m^2 (TABLA 2.5).

TABLA N° 2.5: Clasificación y superficie de las áreas verdes de Cuenca - 2014.

Descripción	Clasificación	Área computable m^2	Área no computable m^2
Áreas verdes recreativas	Parques conformados	923,794.96	
	Parque no conformados		268,171.13
	Parques lineales públicos (corredores verdes)	1,579,456.67	
Áreas verdes en sistemas viales	Parterres y redondeles		315,517.68
Áreas deportivas	Estadios		
	Canchas deportivas		
	Complejos deportivos		
Otras áreas	Parques lineales no conformados (privados)		
	Áreas afectadas como parques (privados)		
	Áreas para parques no conformados (públicos)		
	Plazas y plazoletas		76,658.23
	Proyecto de rehabilitación del centro histórico		11,362.83
	Cementerio		
Total		2,503,251.63	671,709.87

Fuente: Unidad de Proyectos, GAD Municipal del Cantón Cuenca, 2014.

Elaboración: Propia.

- **Calidad del Aire: Contaminantes atmosféricos (PM₁₀ y PM_{2.5}) en un año.**

En el caso específico de Cuenca, se dispone de una red de monitoreo de calidad del aire, misma que se implementó a partir del año 2008 en la Comisión de Gestión Ambiental; y que de manera posterior, fue adoptada por la EMOV-EP por ser la encargada de los Centros de Revisión Técnica Vehicular (RTV); a partir del año 2015 esta red cuenta con 20 puntos de monitoreo ubicados en diferentes sectores de la ciudad, que dan cumplimiento a las recomendaciones de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA).

La calidad ambiental del aire se mide con una estación automática de monitoreo continuo de agentes contaminantes atmosféricos, cuyo rango de cobertura es de 4km de radio. (Sellers et. al. 2013), la red mide las concentraciones en tiempo real de los siguientes componentes: CO, SO₂, NO₂, O₃, MP_{2.5}, precipitaciones, radiación solar global, velocidad y dirección del viento, temperatura y humedad relativa. También se cuenta con una subred pasiva de contaminantes gaseosos en 20 puntos, que determina las concentraciones de NO₂, O₃, SO₂, benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos en 30 días (EMOV-EP *Calidad del Aire Cuenca* 2015).

Los objetivos de la Red de monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca, son:

- Vigilar de manera permanente la calidad del aire, dentro de los parámetros establecidos a nivel mundial de la Norma de Calidad del Aire Ambiente (NCAA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS).
- Caracterizar la contaminación atmosférica mediante una distribución espacial dentro de diferentes zonas de la ciudad.
- Identificar posibles fuentes de contaminación.
- Analizar tendencias de la contaminación en la ciudad.
- Generar información para mejorar la red de monitoreo y permitir el entendimiento de los contaminantes en el aire.
- Evaluar, mejorar y optimizar la red de monitoreo.
- Generar políticas públicas basadas en la calidad de la información recopilada mediante la red.

De acuerdo al Informe de Calidad del Aire-Cuenca 2015 y en base al Inventario de Emisiones del Cantón Cuenca 2011, las fuentes más importantes de emisión por contaminante primario son:

- Monóxido de Carbono (CO) proveniente del tráfico vehicular con un aporte del 91,9%.
- Óxidos de Nitrógeno (NO_x), emitidos por el tráfico vehicular con un aporte de 76,4%, térmicas 11,8%.

- Compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVNM), provenientes del tráfico vehicular en un 48,2%; por el uso de disolventes 25,3% y producidos por la vegetación en un 21,4%.
- Dióxidos de Azufre (SO₂), industrias 42,7%, del tráfico vehicular, en un 30,2%, y térmicas 21,1%.
- Material particulado (PM_{2.5}) proveniente del tráfico vehicular 42,7%, ladrilleras artesanales 40,9%, térmicas 9,8%.
- Material particulado (PM₁₀) del tráfico vehicular 39,9%, ladrilleras artesanales 36%, industrial 11,6%, térmicas 8,6%.

La zona urbana de la ciudad está siendo afectada principalmente por las emisiones provenientes del tráfico vehicular con una importante influencia del parque industrial ubicado al noreste de la ciudad y cuyo emplazamiento data de muchos años atrás (EMOV-EP *Calidad del Aire Cuenca* 2015).

Mediante un convenio interinstitucional, la EMOV-EP y la Universidad del Azuay, a través del IERSE, han creado una plataforma en tiempo real que se encuentra en la siguiente dirección: <http://gis.uazuay.edu.ec/ide2015/>. Sitio en el que es posible descargar la información de los datos históricos por períodos (TABLA N° 2.6).

TABLA N° 2.6: Valores de los contaminantes correspondientes al año 2016.

2016	Contaminantes (µg/m ³)				
	O ₃	CO	NO ₂	SO ₂	PM _{2,5}
Enero	11.016949	6.5795455	NA	2.9411765	30.146104
Febrero	9.3220339	8.1704545	NA	2.9411765	26.457792
Marzo	8.4745763	7.0681818	NA	4.4117647	28.084416
Abril	7.6271186	6.8636364	NA	2.9411765	21.012987
Mayo	7.6271186	7.8295455	NA	4.4117647	32.779221
Junio	8.4745763	7.8636364	NA	4.4117647	30.146104
Julio	11.864407	6.8977273	NA	4.4117647	35.386364
Agosto	12.711864	7.6022727	NA	4.4117647	38.25
Septiembre	12.711864	8.2840909	NA	4.4117647	38.571429
Octubre	14.40678	7.5113636	NA	2.9411765	31.116883
Noviembre	15.254237	6.6818182	NA	2.9411765	43.633117
Diciembre	12.711864	7.0795455	NA	2.9411765	32.405844

Fuente: Red de monitoreo EMOV EP.

Elaboración: Propia.

En la aplicación de la metodología se consideraron los promedios mensuales para los contaminantes en las variables correspondientes y se utilizó el Índice de Calidad del Aire (ICA) basado en la siguiente fórmula (Díaz, Granados y Valdés *Índice de Calidad Ambiental* 2013):

FÓRMULA N° 2.5: Cálculo del índice de calidad del aire ICAU

$$ICA_{Pjt} = \frac{I_{Hi} - I_{Lo}}{BP_{Hi} - BP_{Lo}} (C_{Pjt} - BP_{Lo}) + I_{Lo}$$

Donde:

ICA_{Pjt} = Índice de Calidad del Aire

C_{Pjt} = Concentración medida para O_3 , $PM_{2.5}$ o PM_{10}

BP_{Hi} = Punto de corte mayor o igual a C_{PM}

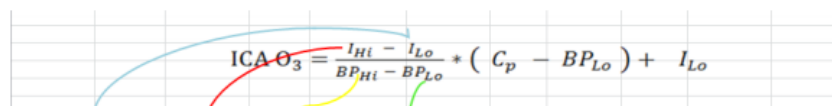
BP_{Lo} = Punto de corte menor o igual a C_{PM}

I_{Hi} = Valor de Índice de Calidad del Aire correspondiente a BP_{Hi}

I_{Lo} = Valor del Índice de Calidad del Aire correspondiente a BP_{Lo}

En la figura 2.1, se muestra los rangos de valores que son utilizados según la concentración de contaminantes y el tipo de contaminantes (Sellers 2013):

FIGURA N° 2.1: Rangos de valores de contaminantes



ICA	COLOR	O ₃ 8h ppb	O ₃ 8h ppm	PM _{2.5} 24 h ug/m ³	PM _{2.5} 1h ug/m ³	CO 8h ppm	SO ₂ 24h ppb	SO ₂ 24h ppm	NO ₂ 1h ppb	NO ₂ 1h ppm
0 - 50	Verde	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		59,000	0,059	54,000	15,400	4,400	34,000	0,034	0,000	0,000
51 - 100	Amarillo	60,000	0,060	55,000	15,500	4,500	35,000	0,035	0,000	0,000
		75,000	0,075	154,000	40,400	9,400	144,000	0,144	0,000	0,000
101 - 150	Naranja	76,000	0,076	155,000	40,500	9,500	145,000	0,145	0,000	0,000
		95,000	0,095	254,000	65,400	12,400	224,000	0,224	0,000	0,000
151 - 200	Rojo	95,000	0,095	255,000	65,500	12,500	225,000	0,225	0,000	0,000
		115,000	0,115	354,000	150,400	15,400	304,000	0,304	0,000	0,000
201 - 300	Purpura	116,000	0,116	355,000	150,500	15,500	305,000	0,305	650,000	0,650
		374,000	0,374	424,000	250,400	30,400	604,000	0,604	1240,000	1,240
301 - 500	Marrón	--	--	425,000	250,500	30,500	605,000	0,605	1250,000	1,250
				604,000	500,400	50,400	1004,000	1,004	2040,000	2,040

Fuente: Sellers et. al. Monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Cuenca 2013.

Elaboración: Sellers et. al. Monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Cuenca 2013.

Los resultados de cada mes y de cada contaminante son analizados por comparación con los valores de referencia (TABLA N° 2.1).

- Calidad del Agua Superficial: considerando los parámetros del WQI.

El Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente (Ministerio del Ambiente 2015, libro VI, Anexo 1 – TULSMA p.3) reformado en julio de 2015, define a la contaminación del agua como cualquier alteración de sus características físicas, químicas y biológicas, que la conviertan en no apta para un uso específico y que pueda causar efectos adversos al ambiente de manera general (ecosistemas acuáticos, ser humano).

Los monitoreos de agua superficial ayudan a la gestión de los recursos hídricos y se constituyen en elementos de vigilancia ambiental, que nos permitirán detectar cualquier cambio en su calidad (Castro et. al. 2014).

El índice WQI se conforma con la sumatoria de cada uno de los nueve parámetros indicados a continuación, de acuerdo con el peso asignado a los mismos, obteniéndose un valor que varía entre 0 y 100, donde 0 representa una calidad muy baja y 100 excelente, en 5 categorías de calidad del agua superficial, registrados en una estación de monitoreo en un periodo de tiempo determinado. La valoración se presenta en la TABLA N° 2.1.

- Oxígeno Disuelto (OD en % saturación)
- Coliformes fecales (en NMP/100 ml)
- pH (en unidades de pH)
- DBO en 5 días (DBO5 en mg/l)
- Nitratos (NO3 en mg/l)
- Fosfatos (PO4 en mg/l)
- Temperatura (en °C)
- turbiedad (en FAU)
- sólidos totales (en mg/l)

En el caso de Cuenca, la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (ETAPA-EP), desde el año 1991 viene desarrollando un programa de vigilancia de la calidad del agua, mediante monitoreos físico-químicos en los ríos, desde sus cabeceras hasta sus confluencias, desde 1997 al 2002 se incrementó a esta vigilancia los monitoreos biológicos de los ríos, mismos que se retoman a partir del año 2009 hasta la fecha; la red de monitoreo de ETAPA-EP cuenta con un total de 100 estaciones distribuidas en las subcuencas de los cuatro ríos principales que son monitoreadas de manera trimestral¹¹; para el caso del área urbana, se han identificado 17 estaciones de monitoreo, conforme la siguiente tabla:

¹¹ <http://www.etapa.net.ec/Productos-y-servicios/Gesti%C3%B3n-ambiental/Monitoreo-y-Vigilancia-de-Recursos-H%C3%ADricos-y-Clima/Monitoreo-de-la-Integridad-Ecol%C3%B3gica-de-R%C3%ADos>. 20-04-17

TABLA N° 2.7: Puntos de Monitoreo de parámetros físicos del agua en la ciudad de Cuenca.

Río	Estación	Código	Coordenadas UTM WGS84		
			x longitud	y latitud	altitud
Tomebamba	Tomebamba D.J.Q. Sacay	TOM-TOM-030	718238	9680372	2615
	Tomebamba A.J. Yanuncay	TOM-TOM-050	723775	9678389	2500
	Tomebamba A.J. Machángara	TOM-TOM-CONTROL	727235	9680568	2443
Machángara	Machángara antes camal Municipal	MAC-MAC-090	724291	9683903	2530
	Machángara después camal	MAC-MAC-095	724812	9682757	2502
	Machángara A.J. Tomebamba	MAC-MAC-CONTROL	727145	9680815	2455
Yanuncay	Yanuncay en San Joaquín	YAN-YAN-040	716773	9679215	2620
	Yanuncay A.J. Tarqui	YAN-YAN-060	722027	9677453	2546
	Yanuncay A.J. Tomebamba	YAN-YAN-CONTROL	723892	9678211	2496
Quebrada Salado	Sadado A.J. Tarqui	TAR-SAL-CONTROL	719793	9677259	2569
Milchichig	Milchichig A.J. Tomebamba	TOM-MIL-CONTROL	726100	9680251	2446
Quebrada de la Compañía	Qda. La Compañía A.J. Machángara	MAC-COM-CONTROL	724526	9682660	2499
Tarqui	Tarqui A.J.Q. Salado	TAR-TAR-050	719492	9677197	2573
	Tarqui antes de junta con el Yanuncay	TAR-TAR-CONTROL	722011	9677369	2528
Cuenca	Cuenca en puente Ucubamba	CUE-CUE-020	728218	9681803	2420
	Cuenca A.J. Sidcay	CUE-CUE-030	729914	9683282	2319
	Cuenca antes puente Guangarcucho	CUE-CUE-050	734179	9685256	2339

Fuente: Informe técnico ETAPA EP, 2016.

Elaboración: Propia.

Con los datos proporcionados por ETAPA-EP, se calculó el WQI, mediante la plataforma: <http://www.water-research.net/index.php/water-treatment/water-monitoring/monitoring-thequality-of-surfacewaters>.

- **Porcentaje de población urbana expuesta a ruido por encima de los niveles permisibles.**

Se estima que el 70% de las emisiones sonoras al ambiente provienen de los vehículos motorizados (Platzer et. al. 2007), le siguen la industria, comercio, turismo, entre otros, habiéndose constituido en un contaminante del ambiente ya que puede ocasionar daños a la salud humana, relacionadas a afecciones al oído así como de orden psicológica, incidiendo sobre el confort de la población y por ende en la calidad de vida de los ciudadanos (Delgado y Martínez 2015).

Desde 1980 la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha revisado las condiciones y problemas de salud que ocasiona el ruido urbano, lo que permitió la elaboración posterior de guías de ruido urbano, que pueden ser utilizadas como base para plantear políticas de orden pública y técnico en cuanto a aspectos importantes encaminados a su reducción, predicción y evaluación conforme su fuente de generación (Berglund, Lindvall, and Schwela 1999).

Al igual que en otros países, en la legislación ecuatoriana se consideran parámetros para definir niveles máximo permisibles para las fuentes fijas y móviles, que varían conforme el uso de suelo para las fijas y el tipo de vehículo para las móviles; de igual manera, se establece la obligatoriedad a los municipios con población igual o mayor a 250.000 habitantes de elaborar mapas de ruido ambiental como herramienta estratégica para la planificación territorial y la gestión para el control de la contaminación acústica (Ministerio del Ambiente 2015, libro VI, Anexo 5 – TULSMA p.15).

Conforme el modelo tomado del ICAU Colombia, se establece como indicador a los niveles de presión sonora por encima de los niveles máximos permitidos en relación al porcentaje de población expuesta; y que se define conforme la siguiente fórmula (Díaz, Granados y Valdés *Índice de Calidad Ambiental* 2013)

FÓRMULA N° 2.6: Cálculo de la población urbana expuesta a ruido ICAU

$$PUAR \text{ periodo} = \frac{PUAR}{TPU} * 100$$

Donde:

PUAR = Población expuesta a ruido por encima de los límites permisibles, por periodo.

TPU = Total de la población urbana.

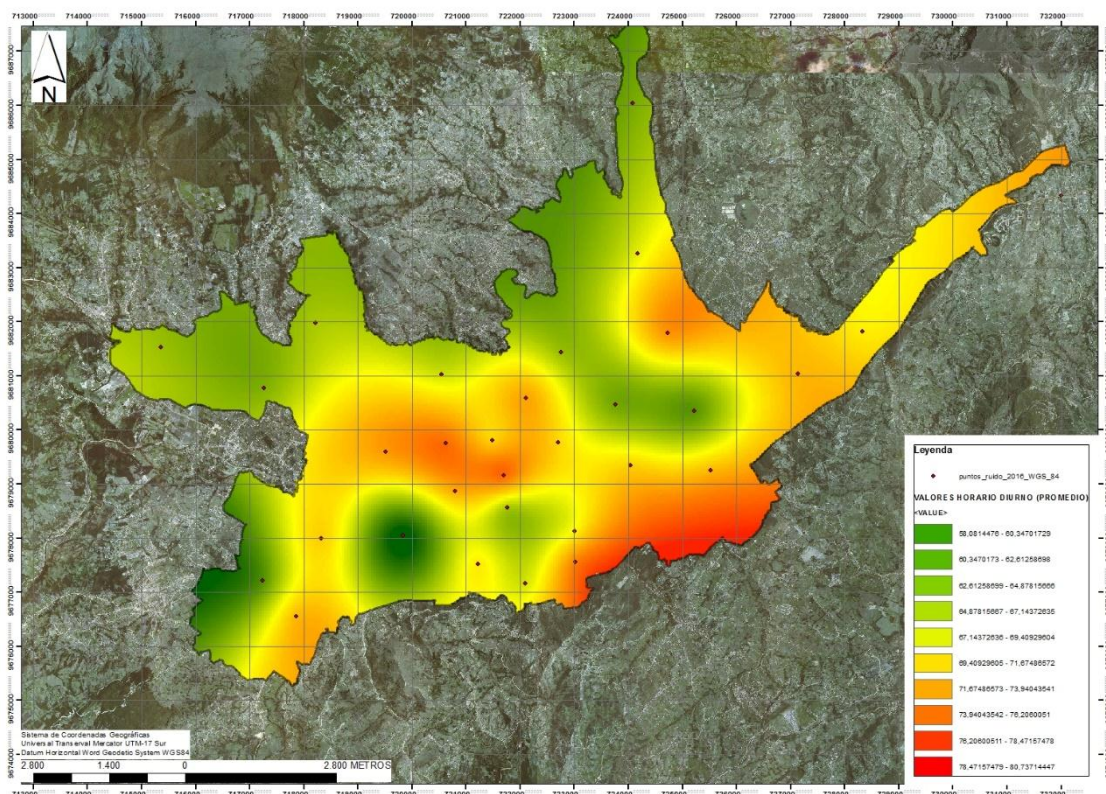
En el año 2009 se realizó el primer mapa de ruido de la ciudad de Cuenca, mismo que se ejecutó mediante convenio interinstitucional entre la Universidad el Azuay a través del Instituto de Estudios de Régimen Seccional Ecuatoriano (IERSE) y el GAD Municipal del Cantón Cuenca

con la Comisión de Gestión Ambiental, a partir de la fecha se han elaborado mapas de ruido en los años 2012, 2014 y 2016, bajo la modalidad de convenio, mientras que el IERSE realiza actualizaciones anuales, para el presente ejercicio utilizaremos la información del mapa de ruido 2016.

En el año 2016 se levantó información de ruido ambiente en 31 puntos de monitoreo dentro de la ciudad, con el fin de cubrir los horarios diurnos y nocturnos, se consideraron las siguientes horas: 07h00, 10h00, 13h00, 15h00, 18h00 y 21h00. Las mediciones fueron realizadas durante 31 días, considerando un día por cada punto, durante 15 minutos por cada horario, superando el tiempo recomendado en la normativa ambiental vigente (Acuerdo Ministerial 097-A), correspondiente al estudio “Evaluación del ruido en la ciudad de Cuenca y elaboración del mapa de ruido al 2016”, presentado a la Comisión de Gestión Ambiental en el mes de diciembre de 2016 (Universidad del Azuay y GAD Municipal del Cantón Cuenca 2016).

Para determinar el índice requerido se realizó un mapa de distribución espacial de ruido con el valor promedio en el horario diurno (7h00 a 20H59) empleando técnicas de interpolación determinista y exacta (IDW-Inverso de distancia ponderada) y función de base radial.

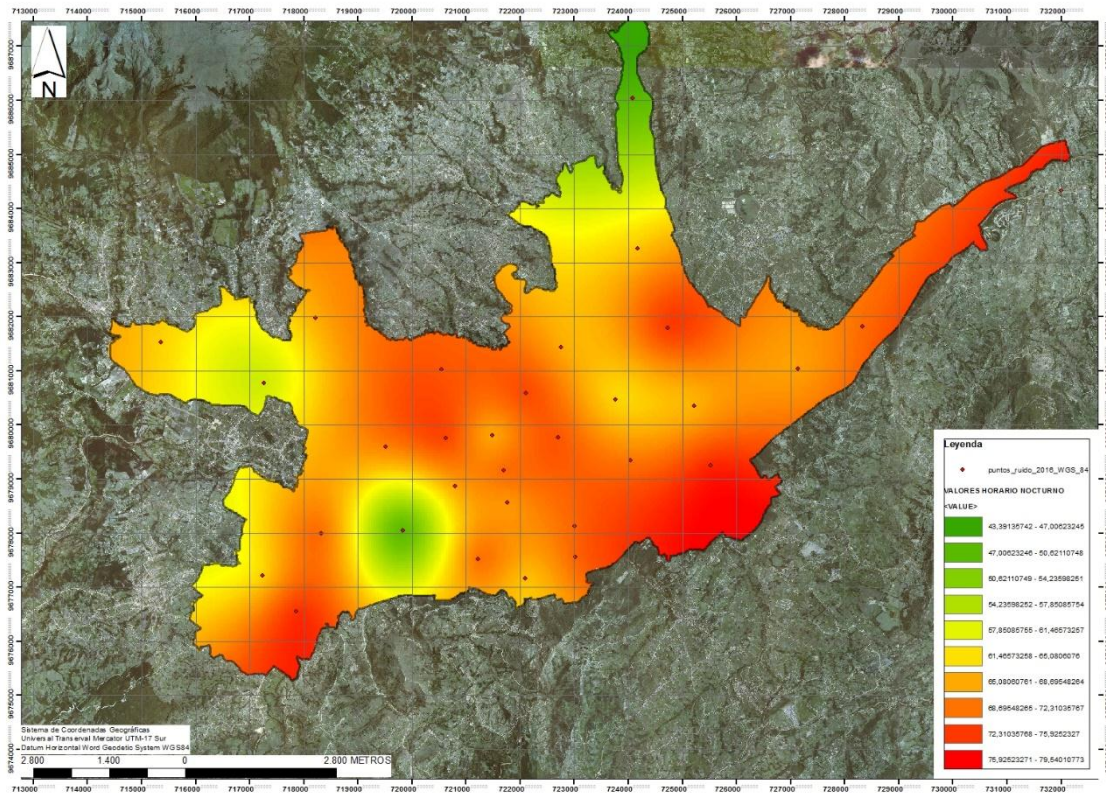
MAPA N° 2.2: Mapa de ruido diurno de la ciudad de Cuenca – año 2016.



Fuente: GAD Municipal del Cantón Cuenca y Universidad del Azuay.

Elaboración: Propia.

MAPA N° 2.3: Mapa de ruido nocturno de la ciudad de Cuenca – año 2016.



Fuente: GAD Municipal del Cantón Cuenca y Universidad del Azuay.

Elaboración: Propia.

Los resultados de los mapas generados fueron comparados con los límites permisibles establecidos en la TABLA 2.6, del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, Acuerdo Ministerial 097-A, Norma de calidad ambiental anexo 5, niveles máximos de emisión de ruido y metodología de medición para fuentes fijas y móviles. Los resultados del mapa de ruido 2016 indican que en relación al año 2015, las emisiones sonoras han disminuido en un 88,33% de los sitios de medición, sin embargo los valores obtenidos en su totalidad se encuentran sobre los niveles permisibles (100% de la población) establecidos en la legislación ambiental nacional.

TABLA N° 2.8: Límites permisibles de ruido ambiente para fuentes fijas.

Uso del suelo	Denominación	Lkeq(dB)	
		Periodo diurno 07:01 hasta las 21:00 horas	Periodo nocturno 21:01 hasta 07:00 horas
Residencial	R1	55	45

Equipamiento de servicios sociales	EQ1	55	45
Equipamiento de servicios públicos	EQ2	60	50
Comercial	CM	60	50
Agrícola	AR	65	45
Industrial	ID1/ID2	65	55
Industrial	ID3/ID4	70	65
Uso múltiple	Cuando existan usos de suelo múltiple o combinados, se utilizara el Lkeq más bajo de cualquiera de los usos de suelo que componen la combinación.		
Protección ecológica	PE	La determinación del Lkeq para estos casos se lo llevara a cabo de acuerdo al procedimiento descrito en el Anexo 4 del Anexo N 5 del TULSMA	
Recursos naturales	RN		

Fuente: TULSMA 2015.

Elaboración: TULSMA 2015.

Los resultados obtenidos son analizados de acuerdo a la TABLA N° 2.1.

Indicadores indirectos:

- **Consumos residenciales de agua por habitante.**

En las últimas décadas el consumo de agua creció por el aumento de la población, así como también por el incremento de actividades productivas que están orientadas al mercado externo, por lo que su explotación, la concentración de los recursos hídricos y de la tierra se las podría considerar como un capital de consumo cada vez de mayor demanda y que explica la creciente contaminación (Acosta y Martínez 2010).

El agua está considerada como un derecho humano fundamental, plasmado en la Constitución de la República, con tres puntos fundamentales (Acosta y Martínez 2010):

1. El agua como derecho humano, fundamental e irrenunciable.
2. El agua como bien nacional estratégico y de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable.
3. El agua como patrimonio de la sociedad y componente de la naturaleza, esencial para la vida y para mantener todos los ciclos vitales de la misma.

Para Acosta, 2010, nuestra constitución superó la visión mercantil del agua y se reemplazó al “cliente” por la del “usuario o ciudadano”, reconociéndose el valor del agua para consumo humano trascendental para las futuras generaciones y como parte importante de los ecosistemas y los derechos de la naturaleza, alcanzando una visión a nivel mundial.

En Cuenca, el servicio de dotación de agua potable está manejado por ETAPA-EP, misma que tiene una trayectoria de 50 años, y que a través de ordenanza municipal, está encargada de su captación y tratamiento para el consumo humano, lo que implica también la responsabilidad del cuidado de las fuentes desde su origen, con el fin de garantizar la dotación a la ciudad, la Empresa tiene una cobertura del servicio a nivel urbano de 97,83% de acuerdo a los indicadores de gestión de la Empresa al año 2016.

El uso despreocupado del recurso agua genera problemas ambientales, de abastecimiento y consumo, de acuerdo a datos de ETAPA, las pérdidas por fugas de agua en las instalaciones domiciliarias podrían llegar a ser de hasta 30 litros diarios (Baquero 2016).

El indicador considera el volumen de agua consumido a nivel residencial dentro de las áreas urbanas, en el caso de Colombia se utilizan referentes para servicios de dotación basados en el “Reglamento técnico para sector de agua potable y saneamiento básico - RAS”, que para este caso se puede considerar como un equivalente a las normas técnicas definidas en el “Código ecuatoriano de la construcción C.E.C., normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes”, tomadas del INEN 2003 (TABLA N° 2.9):

TABLA N° 2.9: Dotaciones de agua potable recomendada.

Población (habitantes)	Clima	Dotación media futura (l/hab/día)
Hasta 5000	Frío	120 - 150
	Templado	130 - 160
	Cálido	170 - 200
5000 a 50000	Frío	180 - 200
	Templado	190 - 220
	Cálido	200 - 230
Más de 50000	Frío	> 200
	Templado	> 220
	Cálido	> 230

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2003.

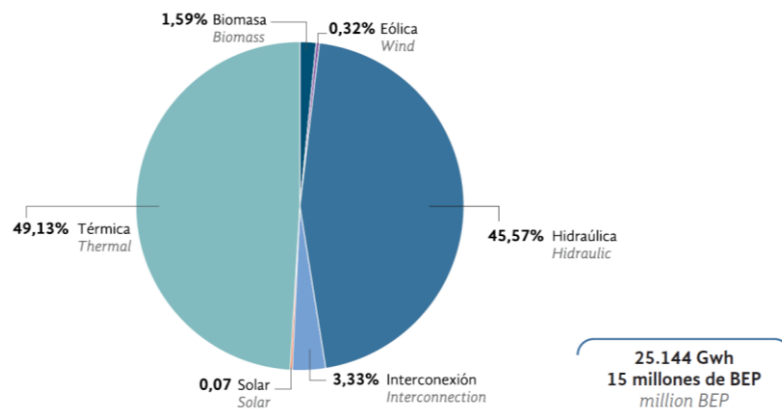
Elaboración: Propia.

Con el cálculo realizado y el valor correspondiente, se obtiene la calificación y por lo tanto la descripción de la calidad del agua (TABLA N° 2.1).

- **Consumo de energía por habitante.**

De acuerdo al “Balance energético del Ecuador” 2015, realizado por el Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, con base al año 2014, *la generación eléctrica a nivel nacional en 2014 se incrementó en 4,5%, lo que significa una producción de 24.307 GWh* (p.3), esta se divide en: generación térmica 49.1%, producción hidroeléctrica 45.5%, importación de electricidad 3.3%, y fuentes renovables no convencionales 1,9% (p. 22) ver FIGURA N° 2.2.

FIGURA N° 2.2: Estructura de generación eléctrica en el Ecuador (2014).

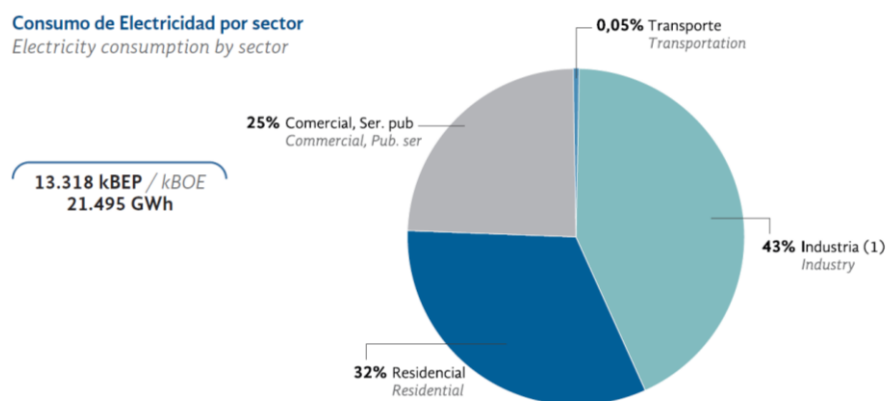


Fuente: Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. Balance energético del Ecuador, 2015.

Elaboración: Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos.

El consumo de energía eléctrica en Ecuador se clasifica de la siguiente manera: el sector industria (gran consumidor mediante subtransmisión) consume un 43%, el sector comercial consume un 25%, el residencial un 32%, el de transportación apenas un 0.05% (FIGURA N° 2.3). Guayas es la provincia de mayor consumo de energía eléctrica, para el año 2014 representó el 38% del total del país, Pichincha se sitúa en el segundo lugar con una demanda de 22% (p. 33).

Durante el año 2014 Ecuador tuvo un acceso a la electricidad del 97%, habiendo sido el consumo de energía eléctrica per-cápita a nivel de país de 1.394 kWh por habitante (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos 2015).

FIGURA N° 2.3: Consumo de electricidad por sector – 2014.

Fuente: Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. Balance energético del Ecuador, 2015.

Elaboración: Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos.

Por información suministrada de la CENTROSUR 2016, se conoce que el consumo de energía eléctrica en el área urbana de Cuenca, correspondiente al sector residencial es igual a 461,95 kWh.

El indicador permite cuantificar la energía que utiliza la población urbana para satisfacer sus necesidades domésticas, este parámetro ayuda a conocer la eficiencia de la energía en el sector residencial y en los sistemas domésticos de consumo de energético (Díaz, Granados y Valdés *Índice de Calidad Ambiental* 2016).

Cabe indicar que para el caso específico de la ciudad de Cuenca, se aplicó lo planteado en la TABLA 2.1 (Díaz, Granados y Valdés *Índice de Calidad Ambiental Urbana* 2013), es decir la relación entre el consumo residencial de energía por habitante de la ciudad y el consumo residencial de energía por habitante promedio nacional, debido a que es una metodología utilizada por primera vez y no se registran datos periódicos con respecto al cálculo de este indicador.

- **Cantidad de residuos sólidos por habitante dispuesto en relleno sanitario.**

Bonet, J. et al. (2011) menciona en su publicación “Sostenibilidad urbana en América Latina” que la principal limitación en relación a los residuos sólidos urbanos en países en desarrollo, es su inadecuada disposición final, según datos del año 2010 solo el 55% de los residuos generados en estos países llegan a rellenos sanitarios (p. 24).

De acuerdo a los datos publicados por Bonet, en Ecuador en el año 2010 se generaron 0,62 kg/hab./día de residuos sólidos domésticos, 0,71 kg/hab./día de residuos urbanos por persona, de los cuales fueron recolectados un 84,2 %, mismos que en un 30,2% fueron dispuestos en relleno sanitario, mientras que el 69,8% fueron dispuestos en forma no controlada (Bonet et al. 2011).

Según el capítulo VI: “Gestión integral de residuos sólidos no peligrosos, y desechos peligrosos y/o especiales”, el TULSMA (Acuerdo Ministerial 061, publicado en el registro oficial N° 316 de fecha 4 de mayo de 2015 por el Ministerio de Ambiente), se declara como prioridad nacional para el Gobierno ecuatoriano la gestión integral de los desechos sólidos peligrosos y no peligrosos y/o especiales, por lo cual le corresponde al órgano nacional el determinar políticas públicas para su gestión integral, de igual manera se establecen las responsabilidades de empresas públicas, privadas y ciudadanos para la gestión de los desechos sólidos y sus obligaciones, tendientes a su manejo integral, la responsabilidad extendida, la minimización, reutilización, entre otras.

En el caso de Cuenca, el relleno Sanitario se encuentra bajo responsabilidad de la EMAC-EP; está ubicado en la parroquia Santa Ana a 21 kilómetros de la ciudad de Cuenca, inició su operación en el año 2001 con una vida útil de 20 años, prestando sus servicios a la ciudad de Cuenca y a otros municipios de la región; actualmente se encuentra generando energía eléctrica a través del aprovechamiento del biogás¹². Conforme datos proporcionados por la EMAC-EP, en el área urbana de Cuenca se generan 0,542 kg/hab/día de residuos sólidos diarios, que son recolectados por la empresa y dispuestos en el relleno sanitario (EMAC 2017).

Para el cálculo del indicador, se consideró la cantidad de los residuos sólidos no peligrosos dispuestos en el relleno sanitario en un período de tiempo, en un municipio determinado, representado por el siguiente cálculo (Díaz, Granados y Valdés *Índice de Calidad Ambiental* 2013).

FÓRMULA N° 2.7: Cálculo de la cantidad de residuos sólidos por habitante ICAU

$$RSPC = \frac{\sum RSRs}{TPU}$$

Donde:

RSPC = Cantidad de residuos sólidos por habitante dispuestos en el relleno sanitario

RSRS = Total de residuos sólidos dispuestos en relleno sanitario (kg/año)

TPU = Total población urbana

¹² <http://www.emac.gob.ec/?q=content/relleno-sanitario-0>. 17-05-17.

El valor obtenido del cálculo es comparado con los valores de referencia (TABLA N° 2.1).

Los datos correspondientes a este indicador fueron proporcionados por la Empresa Pública Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC EP), es decir la cantidad de residuos sólidos generados en el área urbana y dispuesta en el relleno sanitario.

- **Espacio público efectivo por habitante.**

Para González et. al, 2014, *el espacio deviene público cuando es de uso colectivo*, por lo que la relación entre identidad y espacio público es dialéctica, no existe lo uno sin lo otro.

Una ciudad sin plazas, ni parques, ni espacios para el encuentro casual, no solo sería pobre ambientalmente sino también en los aspectos socio urbanísticos (Perahia 2007).

El concepto de espacio público urbano ha evolucionado desde que en sus inicios se lo relacionaba de manera exclusiva con las áreas verdes, ahora con nuevos enfoques se resalta el papel que desempeñan como espacio libre, es decir, espacios urbanos al aire libre, en los cuales se pueda caminar, descansar, pasear, ejercitarse y entretenerse en las horas de ocio. Se le atribuyen varias funciones, tales como la social, relacionada al paseo, contemplación, juegos; una función urbana y paisajística, que permite romper las masas constructivas mediante la inclusión de elementos naturales y organizar los espacios de la ciudad; una función ecológica, debido a la inclusión de vegetación convirtiéndose en elementos propicios para el desarrollo de especies naturales de flora y fauna que regula el microclima urbano y contribuye a la depuración del aire y como barreras del ruido urbano (Perahia 2007).

El indicador a utilizarse, relaciona la extensión de las zonas de espacio público efectivo en el perímetro urbano (cabecera municipal) con su población, y su clasificación de acuerdo a los criterios utilizados por la Dirección General de Planificación del GAD Municipal de Cuenca:

Áreas verdes recreativas (conformadas y no conformadas): Son espacios al aire libre, debidamente forestados, a estos se les atribuye de manera directa la dotación de servicios ambientales dentro de los ecosistemas urbanos, por otra parte brindan un aporte paisajístico, de recreación activa y pasiva de los ciudadanos.

Áreas verdes en sistemas viales: hacen referencia a áreas que se encuentran conformando los parterres y redondeles del sistema vial de la ciudad.

Áreas deportivas: Estadios, canchas y complejos; espacios recreativos, destinados a la realización de diferentes disciplinas deportivas que cuentan con la infraestructura necesaria.

Otras: Plazas, plazoletas, cementerio, proyectos de rehabilitación en el centro histórico.

El indicador de área verde efectiva, se define conforme la siguiente fórmula (Díaz, Granados y Valdés *Índice de Calidad Ambiental* 2013).

FÓRMULA N° 2.8: Cálculo del espacio público efectivo por habitante ICAU

$$EPE = \frac{EPEU}{TPU}$$

Donde:

EPE = Espacio público efectivo

EPEU = Área de espacio público efectivo en el perímetro urbano (m²)

TPU = Total de población urbana (cabecera municipal)

El valor obtenido del cálculo es comparado con los valores de referencia (TABLA N° 2.1).

CAPÍTULO III: RESULTADOS, CONCLUSIONES RECOMENDACIONES Y DISCUSIÓN

RESULTADOS.

TABLA N° 3.1: Puntaje obtenido y calidad ambiental del área urbana de Cuenca.

ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL PARA EL ÁREA URBANA DE CUENCA		
Puntaje 68 ALTA CALIDAD AMBIENTAL		
Total de indicadores directos con reporte	4 de 9	44.44%
Total de indicadores indirectos con reporte	4 de 5	80%
Total de indicadores con reporte válido	8 de 14	57.14%

Fuente: Propia.

Elaboración: Propia.

Para la obtención de los resultados se consideraron 8 de los 14 indicadores planteados por el ICAU según el rango de población.

El índice de calidad ambiental calculado para Cuenca al año 2016 ha sido calificado como **ALTA calidad ambiental**, habiendo alcanzado una valoración de 68; esto se debe a que de los 8 indicadores utilizados para el cálculo, 4 poseen una calificación de 1 categorizados como muy bueno, 2 indicadores tienen una calificación de 0,8 categorizado como bueno y 2 indicadores con una calificación de 0, categorizados como muy bajo.

Se trata de una metodología utilizada por primera vez en la ciudad de Cuenca, por lo que resulta difícil realizar análisis comparativos de los resultados. La experiencia de Cuenca en disponer de un índice de calidad ambiental fue la elaborada en el año 2009 mediante el cálculo del ICAUC, sin embargo debido al predominio del tema socio-económico sobre los indicadores ambientales, no se dio continuidad a esta metodología.

El reporte de resultados presentado por el Ministerio de Ambiente de Colombia, muestra un listado de 9 ciudades con poblaciones urbanas superiores a los 500.000 habitantes, de las cuales las más cercanas al límite del rango poblacional similar al nuestro, son: Bucaramanga con 520.344 habitantes e Ibagué con 512.700 habitantes, en donde se utilizaron datos referentes al año 2013, a diferencia de Cuenca cuyos indicadores corresponden en su mayoría al año 2016.

A nivel general, Bucaramanga obtuvo una valoración de 35.9, equivalente a una **baja calidad ambiental urbana**, mientras Ibagué obtuvo 45,2, lo que equivale a una **media calidad ambiental urbana** y Cuenca superó a las ciudades colombianas con una valoración de 68, que representa

una alta calidad ambiental urbana, y si revisamos el resultado de las 9 ciudades, Cuenca sigue manteniéndose con una calificación superior.

Las ciudades de Bucaramanga e Ibagué reportaron un número de indicadores equivalentes a 13 y 12 respectivamente, mientras que Cuenca contó con 8, considerando que las dos ciudades colombianas tienen una población mayor a 500.000 habitantes y que en este caso el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia plantea dos indicadores adicionales para la construcción del índice referentes al porcentaje de superficie construida con criterios de sostenibilidad y al porcentaje de longitud de sistemas alternativos y masivos de transporte, lo que no aplica en el caso de Cuenca.

En cuanto a los indicadores directos, es decir aquellos que representan un 70% del peso total considerado, Bucaramanga no reportó 2; los relacionados a población urbana expuesta a ruido y calidad de aire ($PM_{2.5}$); mientras que Ibagué no reportó 2, el porcentaje de residuos sólidos aprovechados y el reporte de calidad del aire fue considerado como inválido; Cuenca no reportó 4 indicadores referentes a: porcentaje de áreas protegidas urbanas incluidas en el plan de ordenamiento territorial (POT) con plan de manejo ambiental (PMA) en ejecución, porcentaje de residuos sólidos aprovechados, población urbana que participa en gestión ambiental población urbana vinculada a estrategias de educación ambiental y población urbana localizada en zonas de amenaza alta.

Un aporte positivo será el complementar y contar con los indicadores faltantes, para conocer de manera más certera, conforme la metodología adoptada, un valor real sobre la calidad ambiental en el área urbana de Cuenca; por otro lado se considera necesario que la cobertura de los indicadores abarquen todo el territorio del cantón, lo que permitirá generar una visión general sobre nuestra calidad en el ambiente.

Conforme los resultados, se puede apreciar que Cuenca tiene un potencial al disponer de sistemas de monitoreo de aire, ruido y agua eficientes, periódicos y confiables, así como de servicios de primera calidad, lo que repercute de manera positiva sobre los resultados del índice calculado, a pesar de ello existen algunos indicadores que deberían ser revisados de manera directa, ya que requieren ajustarse a estándares y normativas internacionales, como el caso del área verde por habitante, que no alcanza a la requerida por la OMS, sin embargo el índice calculado nos muestra un resultado positivo.

RESULTADOS DEL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL URBANA DE CUENCA POR INDICADOR.

INDICADORES DIRECTOS:

Áreas verdes

La Dirección General de Planificación del GAD Municipal de Cuenca, determinó en el año 2014, un indicador de 6.71 m²/hab para el área urbana de la ciudad utilizando la proyección al 2014 de la población para el área urbana, con base a la información del INEC 2010. Al contar con un indicador fijado, se procedió a darle un peso, correspondiéndole un valor de 0,8, lo que representa una calidad “**Alta**” para este indicador.

Calidad del aire

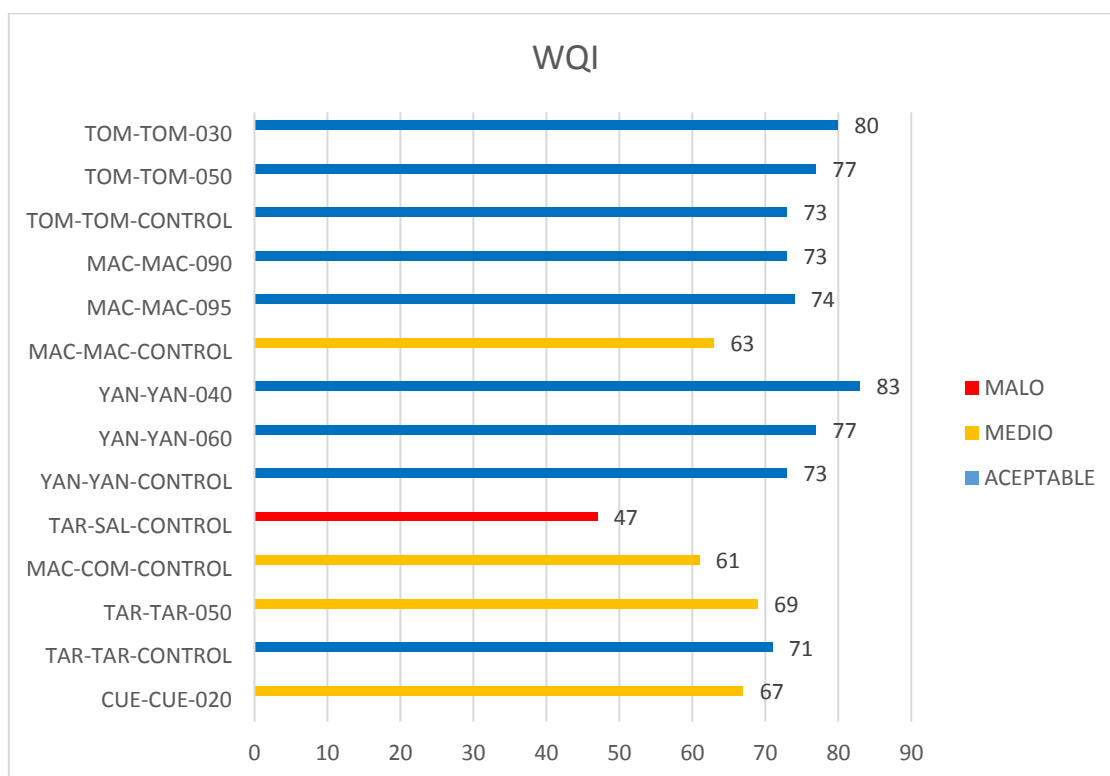
De acuerdo a la información generada en la red de monitoreo que mantiene la EMOV-EP en la ciudad de Cuenca, y conforme el índice de Calidad del Aire (ICA) calculado, los valores de PM_{2,5}, O₃, SO₂, CO, NO₂, durante todos los meses correspondientes al año 2016, arrojan como resultado que a la calidad del aire se le otorga una valoración de 1, correspondiéndole una calificación de “**Muy Alto**”.

Calidad del Agua Superficial

Dentro del área urbana, ETAPA-EP cuenta con 17 puntos de muestreo, de los cuales fue posible realizar el cálculo del WQI con la información de 14 estaciones, puesto que en 3 de las 17 (TOM-MIL-CONTROL/ CUE-CUE-030 / CUE-CUE-050) no se disponía de la información de todos los parámetros necesarios para realizar el cálculo.

Los puntos de muestreo analizados, se encuentran ubicados en los ríos Tomebamba, Machángara, Yanuncay, Tarqui y Cuenca y en tres quebradas. Para el cálculo del WQI se utilizó la aplicación de la página <http://www.water-research.net/index.php/water-treatment/water-monitoring/monitoring-the-quality-of-surfacewaters>, que calcula indicador en base a la información ingresada.

Los resultados obtenidos determinaron que de los 14 puntos, 9 (ubicados en ríos) tuvieron un WQI igual a aceptable, 4 (3 ubicados en ríos y 1 en quebrada) obtuvieron una calificación de media, y por último 1 (ubicada en una quebrada) obtuvo una calificación de mala. Ver FIGURA N° 3.1.

FIGURA N° 3.1: Calidad de agua en puntos de muestreo de la ciudad de Cuenca, año 2016.

Fuente: ETAPA EP.

Elaboración: Propia.

Con el fin de conocer el valor del indicador correspondiente a la calidad de agua superficial, se debe reportar el valor obtenido del WQI para los cursos de agua superficial que recorren el área urbana. (Díaz, Granados y Valdés *Índice de Calidad Ambiental Urbana* 2013). En tal sentido, al comparar los datos del WQI resultante, con los establecidos como parámetros en la metodología planteada, se le otorga un peso de **0.8**, lo que representa una calificación definida como **“Alto”**.

Porcentaje de población urbana expuesta a ruido por encima de los niveles permisibles

Los resultados obtenidos en los mapas de ruido realizados durante los años 2012, 2014 y 2016, demuestran que casi el 100% de los puntos monitoreados en el área urbana de la ciudad, sobrepasan los límites máximos permisibles conforme los usos de suelo establecidos, en el caso del horario diurno los niveles más bajos estarían en el orden de los 58db, mientras que la normativa ambiental nacional vigente establece un máximo permisible de 55db; lo mismo ocurre con el horario nocturno, puesto que los niveles promedio más bajos se encuentran alrededor de 47db, exigiendo la normativa 45db.

En vista que en el horario diurno y nocturno, los resultados del mapa de ruido indican que el área urbana de la ciudad está sometida a niveles de ruido sobre los definidos en la normativa nacional,

y conforme la metodología planteada, se determina que el 100% de la población urbana de la ciudad de Cuenca se encuentra expuesta a límites máximos permisibles, por lo que la calificación otorgada correspondería a: “mas del 4% de la población urbana expuesta a niveles de ruido sobre lo establecido en la normativa ambiental nacional”, otorgándole una valoración de “**Muy bajo**”.

INDICADORES INDIRECTOS:

Consumo residencial de agua por habitante

Conforme las estadísticas y datos proporcionados por la Empresa ETAPA-EP y la relación entre la dotación neta residencial de agua por habitante, que es igual al 248 l/hab/día en la ciudad de Cuenca al año 2016, el consumo de agua por habitante en la ciudad de Cuenca es mayor al 90% del valor establecido en el *Código Ecuatoriano de la construcción CEC, normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes* (TABLA N° 2.9), mismo que determina un valor de consumo de 220 l/hab/día por lo cual a este indicador se le otorga una calificación de 0, representando como “**Muy bajo**”, que nos lleva pensar en las posibles causas para esta situación, referentes al mal uso y desperdicio del agua en el cantón.

Consumo de energía por habitante.

La Empresa CENTROSUR, en el área urbana de Cuenca en el año 2016 registró un consumo promedio de energía por habitante de **461,95 kWh por habitante al año**; mientras los datos proporcionados en el Balance Energético del Ecuador, 2015, realizado por el Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, informa que el consumo promedio de energía eléctrica per-cápita a nivel de país fue de **1.394 kWh por habitante al año**.

Al establecer la relación determinada en la metodología adoptada, podemos apreciar que el valor de energía consumida en 2016 por persona en Cuenca **es menor al 80% de promedio nacional**, por lo que se le asigna una calificación de 1, representando una categoría de “**Muy alto**”.

Consideramos necesario realizar una aclaración con respecto a la metodología utilizada; en el año 2013, el Ministerio de Ambiente de Colombia, inició el cálculo del ICAU, por lo que el consumo de energía por habitante, tomó como referencia al consumo per cápita nacional, sin embargo, en la actualización de la metodología al año 2016, se consideró la comparación con el consumo de energía del año anterior en el área urbana de la ciudad; debido a que no se dispone de las estadísticas del año 2015, y por ser la primera ocasión en la cual se utiliza esta metodología para Cuenca, para realizar el presente ejercicio, se utilizó como referencia el mecanismo correspondiente al establecido en el año 2013.

Cantidad de residuos sólidos por habitante dispuestos en relleno sanitario

La Empresa EMAC-EP, registra que los cuencanos producimos en promedio un total de **0,542 kg/hab/día** de residuos sólidos diarios por habitante.

De acuerdo a los valores de referencia establecidos en la metodología adoptada, estamos generando menos de **0,60 kg/hab/día**, por lo que comparando con los valores de referencia, al indicador de cantidad de residuos sólidos por habitante dispuesto en el relleno sanitario se le asigna una calificación de **1**, lo que representa una categoría de “**Muy alto**”.

Espacio público efectivo por habitante

Luego de una revisión cartográfica realizada a partir de información suministrada por la Empresa EMAC-EP y por la Dirección de Avalúos y Catastros, a través de la cual se computó la superficie de las áreas de protección y riveras, áreas comunales, parques, plazas y plazoletas, fue posible obtener un indicador de **8,11 m²/hab** que corresponde al espacio público efectivo en el área urbana. Conforme la metodología tomada, al comparar con el valor de referencia que corresponde en este caso; mayor a **6,00 m²/hab**, se le asigna una calificación de **1**, lo que representa una categoría de “**Muy alto**”.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

De acuerdo a la metodología planteada, el índice de calidad ambiental calculado para la ciudad de Cuenca, tiene un resultado de 68 puntos, lo que la sitúa como una ciudad con una **ALTA CALIDAD AMBIENTAL**.

De los indicadores que obtuvieron una calificación de **muy alta calidad ambiental**:

- El indicador (directo) Calidad de aire, obtuvo un puntaje de 1, debido a que los resultados de los monitoreos en la red existente, se encuentran debajo de los límites permisibles en la legislación ambiental nacional, sin embargo los esfuerzos deben estar dirigidos al cumplimiento de las metas planteadas en el PDOT del Cantón Cuenca, 2015, correspondientes al componente Sistema Biofísico:
 - Meta 8: Monitorear las emisiones de dióxido de carbono por debajo de 3.60 Ton/año per cápita para el 2017.
 - Meta 9: Reducir las emisiones de dióxido de nitrógeno en 20.76 µm³ de los máximos promedios para el año 2017.
 - Meta 10: Mantener las emisiones de ozono troposférico por debajo de 65.5 µm³ anual para el 2017.
- El Indicador (indirecto) Consumo residencial de energía por habitante, obtuvo una valoración de 1, ya que el consumo por habitante en el área urbana de la ciudad, se encuentra por debajo del 80% del consumo promedio a nivel nacional, aunque los resultados sean satisfactorios, no está por demás el crear incentivos desde el gobierno

central y local para el uso de sistemas alternativos que representen un ahorro energético para el país, le corresponde a la Comisión de Gestión Ambiental revisar el plan energético que fue planteado en el año 2007 y que tenía metas con un horizonte al año 2017, sin embargo no se ha dado un seguimiento del mismo.

- El indicador (indirecto) Cantidad de residuos sólidos por habitante dispuestos en relleno sanitario, obtuvo una calificación de 1, lo que ratifica la gestión eficiente que se encuentra desarrollando la administración local a través de la EMAC-EP, a pesar de ello, es necesario considerar también que el relleno sanitario tiene una vida útil, (factor que no se menciona dentro del índice), por lo cual la búsqueda de alternativas para reducir la generación de desechos sólidos a ser depositados en el relleno se vuelve imprescindible, debiéndose iniciar con mecanismos para incentivar y lograr una efectiva separación en la fuente, es decir en los hogares cuencanos, así como un aprovechamiento de los residuos que permitan reducir el volumen generado hasta la fecha, que en el año 2016 fue de 142.950,11 Ton en toda la Ciudad, de los cuales el 72% corresponde al sector domiciliario¹³.
- El indicador (indirecto) Espacio público efectivo por habitante, obtuvo un puntaje de 1, según se determinó por revisión cartográfica, existen 8.11 m²/hab, que conforme la metodología está dentro del rango mayor a 6,00 m²/hab, no obstante, si consideramos que se incluyen las áreas verdes más los espacios públicos para uso ciudadano, el índice ideal debería ser superior al mínimo recomendado por la OMS. Iniciativas como la recuperación de áreas de interés como la Plaza San Francisco, o la peatonalización de calles en las áreas de conservación patrimonial de Cuenca, podrían significar importantes maneras de incrementar este indicador.

De los indicadores que obtuvieron una calificación de **alta calidad ambiental**:

- El indicador Superficie verde urbana por habitante que está definido por un valor de 6.71 m²/hab, si bien tiene una valoración de 0.8, no alcanza a lo recomendado por la OMS, en relación a la superficie de 9m²/hab, dentro de zonas urbanas, correspondiente al mínimo exigible (Maya y Aguilar 2010). Se debe destacar que iniciativas como el proyecto Cinturón verde, en el cual se considera la construcción de los megaparques, conforme las proyecciones realizadas por la Dirección de Planificación, será posible incrementar este indicador por encima de lo recomendado por la OMS.

¹³ Datos proporcionados por la Empresa EMAC-EP. Total residuos generados al año 2016 142.950 ton., de los cuales 104.058 ton. (72,79%) pertenecen al sector residencial. En el sector residencial 90.983 ton. (86,86%) provienen del área consolidada de la ciudad.

- El indicador correspondiente a Calidad del agua superficial, obtuvo una calificación de 0.8, lo que muestra una valoración de alta calidad ambiental y ratifica que las actividades de cuidado de las fuentes hídricas desarrolladas por la empresa ETAPA-EP, permiten mantener un estándar adecuado para la calidad ambiental de la ciudad, debiendo indicar que los planes maestros representan un aporte importante en el cuidado ambiental de la ciudad.

De los indicadores que obtuvieron una calificación de **muy baja calidad ambiental**:

- El indicador correspondiente al Porcentaje de población urbana expuesta a ruido por encima de los niveles permisibles, obtuvo una puntuación igual a cero, pues los resultados de los mapas de distribución espacial del ruido realizados en el área urbana de Cuenca, han determinado que el 99% de los puntos monitoreados no cumplen con los límites permisibles de ruido ambiente establecido en la legislación ambiental nacional. (Delgado y Martínez 2015). Este resultado nos permite indagar sobre la necesidad de implementar con mayor énfasis política pública a nivel de ciudad, orientada a la disminución de este problema; por parte de la actual administración municipal, se están ejecutando acciones encaminadas a campañas de concienciación, adicional a ello, desde el 18 de enero de 2017, se aprobó la “Ordenanza de Control de la contaminación ambiental originada por la emisión de ruido proveniente de fuentes fijas y móviles”, que incluye prohibiciones y sanciones sobre aspectos particulares en relación al ruido ambiente y que se consideran en la legislación ambiental nacional, como responsabilidad de los Gobiernos Locales, específicamente el TULSMA, Acuerdo Ministerial 097-A, Norma de calidad Ambiental Anexo 5, Niveles máximos de emisión de ruido y metodología de medición para fuentes fijas y móviles.
- El indicador referente al Consumo residencial de agua por habitante, obtuvo un puntaje de 0, debido a que conforme la metodología, el valor de consumo por habitante en el área urbana de Cuenca es mayor al 90% del valor establecido para la relación entre población y clima según el *Código Ecuatoriano de la construcción CEC, normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*, lo que demuestra un desperdicio del recurso del agua, pues según datos correspondientes al año 2013, la Empresa ETAPA-EP ha indicado que las pérdidas por fugas en las instalaciones domiciliarias podrían llegar a ser de hasta 30 litros diarios. (Baquero 2016). Por parte de la Empresa ETAPA-EP se mantienen de manera constante a través de la Subgerencia de Gestión Ambiental campañas educativas para el cuidado y aprovechamiento del agua, por lo que continuar con estos programas será una de las medidas importantes para lograr cambios en los hábitos ciudadanos; por otra parte, se considera necesario que se dé a conocer al usuario el costo real del servicio, mediante mecanismos y estrategias comunicacionales adecuadas, por último, reforzar las políticas públicas desde la administración municipal,

encaminado a aspectos de ahorro e incentivos podría ser una de las soluciones para lograr el objetivo de mejorar este indicador a mediano y largo plazo.

DISCUSIÓN.

A nivel general, basándonos en una realidad similar en cuanto a tamaño de población urbana y posibles conflictos comunes que se pueden presentar en ciudades con iguales condiciones de habitabilidad y crecimiento urbano, ha sido posible adoptar la metodología planteada por Colombia, ya que se tiene en común la mayoría de los indicadores necesarios para el cálculo del índice.

A pesar de no disponer del total de indicadores, los resultados obtenidos nos muestran que Cuenca presenta una “alta calidad ambiental”, reflejando en ello el manejo y gestión responsable de muchos de sus recursos desde las diferentes administraciones municipales, hecho que ha permitido el reconocimiento de nuestra ciudad (Ciudades y Asentamientos Humanos 2016 en la categoría Ciudad Global Verde dentro de la convención de las Naciones Unidas Habitat III, llevada a cabo en octubre de 2016¹⁴; Plan de Mejoramiento de Barrios Periféricos en el concurso Nueva Agenda Urbana en enero de 2017¹⁵, impulsado por la Federación Latinoamericana de Ciudades, Municipios y Asociaciones FLACMA; Premio verde); esto no quiere decir que debido a los resultados obtenidos no debemos intensificar el monitoreo y seguimiento de los indicadores revisados y fortalecer un sistema que permita trabajar en mecanismos para analizar los indicadores que carecen de información y que permitirán construir bajo esta metodología un índice de calidad ambiental para Cuenca.

Si bien en el año 2009 hubo un primer intento por obtener este índice, la metodología utilizada incluyó un alto porcentaje de indicadores sociales que únicamente podían ser actualizados en periodos largos de 10 años, lo que no ocurre con los indicadores revisados en este trabajo de investigación, mismos que en su mayoría son actualizados como parte de la gestión del municipio y de la academia, por lo que se cree imperioso que a partir de este análisis, se fortalezca la búsqueda de información adicional y se determinen mecanismos eficientes de vinculación para continuar con la construcción del índice de calidad ambiental para la ciudad de Cuenca, y que dentro de sus indicadores utilice y optimice la información existente y su actualización periódica, esto permitirá trabajar en la política pública necesaria para la mejora continua en relación a aquellos aspectos ambientales prioritarios que más allá de buscar un reconocimiento para la ciudad, se verá reflejada de manera directa en mejorar la calidad de vida de los ciudadanos (Sumak Kawsay), objetivo 3 del Plan Nacional del Buen Vivir (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo 2013).

¹⁴ <https://es.unhabitat.org/iniciativa-que-promueve-la-conservacion-del-ecosistema-recibe-premio-en-ecuador/14-06-17>

¹⁵ <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional-sur/1/cuenca-gana-un-premio-por-la-inclusion-de-barrios-perifericos> 14-06-17

El índice de calidad ambiental, nos permite realizar una evaluación y seguimiento del comportamiento de los indicadores a través del tiempo, así como la posible relación con otras ciudades del país, agrupándolas por población urbana, condiciones ambientales, disponibilidad y calidad de información.

A través de una correcta difusión de estos datos, se puede incidir de manera positiva en la percepción ciudadana sobre la calidad ambiental urbana, ya que de acuerdo a la encuesta realizada por el Colectivo Cuenca Ciudad para Vivir, es general el criterio de concebir a la ciudad como un espacio en el que la contaminación está presente en un alto porcentaje y en muchos componentes.

En vista de que la información existente se concentra únicamente en el área urbana, se recomienda tomar las acciones pertinentes por parte del Gobierno Local en relación a recabar los datos necesarios a nivel rural, contar con este aspecto permitirá sin duda tener una visión global a nivel de cantón y priorizar las acciones urgentes en zonas en donde no se conoce la realidad ambiental.

Es conveniente que por parte del Gobierno Municipal, a través de la Comisión de Gestión Ambiental se emprendan las gestiones necesarias para iniciar el proceso de recopilación, actualización y unificación de la información referente a los indicadores que no fueron utilizados para el cálculo y determinación del índice de Calidad Ambiental Urbana para Cuenca.

Éste se presenta como un índice simplificado con un número reducido de indicadores e información de manera constante y periódica, proviniendo de fuentes veraces como las entidades públicas o los centro de estudio superior, por otra parte, se considera que uno de los aspectos relevantes lo determina la normativa nacional, a través del COOTAD y del TULSMA, puesto que se exige a los gobiernos locales la ejecución de un plan de ordenamiento territorial, elaboración de mapas de ruido, gestión integral de los desechos sólidos, disponer de estadísticas de consumos, monitoreos de la calidad del aire y del agua, lo que garantiza que la calidad de la información sea confiable y actualizada de manera permanente. Por esta razón se considera que esta metodología debería ser utilizada como referente a nivel local y nacional dejando la posibilidad de adaptar nuevos componentes en función de las condiciones propias de cada ciudad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, A., & Martínez, E. (2010). El agua, un derecho humano fundamental. Agua; Un derecho humano fundamental, 7-45.
- Baquero, M. T. (2016). Ahorro de agua y reutilización en la edificación en la ciudad de Cuenca, Ecuador.
- Berger, M. C., Blomquist, G. C., & Waldner, W. (1987). A revealed-preference ranking of quality of life for metropolitan areas. *Social Science Quarterly*, 68(4), 761.
- Berglund, B., Lindvall, T., & Schwela, D. H. (1999). Guías para el ruido urbano. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, OPS/CEPIS.
- Bonet, J. A., Acevedo-Daunas, R. M., Alvarado, N., Barco, C., Brakarz, J., Contreras, F., ... & Hori, T. (2011). Urban Sustainability in Latin America and the Caribbean.
- Bubolz, M. M., & Sontag, M. S. (2009). Human ecology theory. In *Sourcebook of family theories and methods* (pp. 419-450). Springer US.
- Carbone, M. E., Piccolo, M. C., & Perillo, G. M. (2011). Zonificación ambiental de la reserva natural Bahía San Antonio, Argentina. Aplicación del índice de calidad ambiental. *Investigaciones Geográficas (Esp)*, (56).
- Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., & Díaz, D. (2014). Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. *Ingeniería solidaria*, 10(17), 111-124.
- Castro Bonano, M. (2002). Indicadores de desarrollo sostenible urbano. Una aplicación para Andalucía [Tesis doctoral]. Universidad de Málaga. Málaga, España.
- Celemín, J. P., Mikkelsen, C. A., & Velázquez, G. Á. (2015). La calidad de vida desde una perspectiva geográfica: integración de indicadores objetivos y subjetivos. *Revista Universitaria de Geografía*, 24(1), 63-84.
- Celemín, J. P., & Velázquez, G. Á. (2011). Estimación de un índice de calidad ambiental para la Ciudad y Provincia de Buenos Aires. *Journal of Latin American Geography*, 10(1), 71-84.
- Dale, V. H., & Beyeler, S. C. (2001). Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological indicators*, 1(1), 3-10.
- Delgado, D. (2015). Balance Energético Nacional 2015.

- Delgado, O., & Martínez, J. (2015). Elaboración del mapa de ruido del área urbana de la Ciudad de Cuenca–Ecuador, empleando la técnica de interpolación geoestadística Kriging ordinario. *Ciencias Espaciales*, 8(1), 411-440.
- Desarrollo, S. N. (2013). Plan nacional del buen vivir. SN Desarrollo, Plan Nacional del Buen Vivir. Quito.
- Díaz, A., Granados, S., & Valdés, D. (2013). Índice de calidad ambiental urbana – ICAU. (p. 112). Colombia: Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Díaz, A., Granados, S., & Valdés, D. (2016). Índice de calidad ambiental urbana – ICAU. (p. 160). Colombia: Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Díaz, A., Granados, S., Saldaña, A. (2015). Informe nacional de calidad ambiental urbana. Áreas urbanas con población superior a 500.000 habitantes. (p. 95). Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Directorate, O. E. (2008). OECD Key Environmental Indicators.
- Dwyer, M. C., & Miller, R. W. (1999). Using GIS to assess urban tree canopy benefits and surrounding greenspace distributions. *Journal of Arboriculture*, 25, 102-107.
- EMOV EP. (2015). Calidad del Aire Cuenca – 2015. Alcaldía de Cuenca. Red de Monitoreo EMOV EP. Cuenca-Ecuador.
- EMOV EP. (2014). Inventario de Emisiones atmosféricas del Cantón Cuenca 2014. Alcaldía de Cuenca. Red de Monitoreo EMOV EP. Cuenca-Ecuador.
- EMOV EP. (2015). Informe de Calidad del Aire 2015. Alcaldía de Cuenca. Red de Monitoreo EMOV EP. Cuenca - Ecuador
- Escobedo, F. J., Nowak, D. J., Wagner, J. E., De la Maza, C. L., Rodríguez, M., Crane, D. E., & Hernández, J. (2006). The socioeconomics and management of Santiago de Chile's public urban forests. *Urban Forestry & Urban Greening*, 4(3), 105-114.
- Estratégicos, S. (2012). Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. *Industrias Estratégicas. [En línea]*.
- Franchini, T., & Dal Cin, A. (2000). Indicadores urbanos y sostenibilidad. Hacia la definición de un umbral de consumo sostenible de suelo. *Ciudad y Territorio: Estudios territoriales*, 32(123), 41-55.
- García, C., & Paz, M. (2008). Árboles de Lima. PTYX (eds.) SAC. Lima, Perú.

- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Cuenca (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Cuenca – Actualización 2015.
- González, D. S., & Moreno, L. D. (2014). Identidad y espacio público. Editorial Gedisa.
- Gross, P. & Arrué, R. (2005). Indicadores de sustentabilidad a nivel local. En Gestión ambiental a nivel local (pp. 276-290). Santiago: Ediciones Surambiente.
- Habitat, U. N. (2011). Global report on human settlements 2011: cities and climate change. United Nations Human Settlements Program, Earthscan.
- Hannan, M. T., & Freeman, J. (1993). Organizational ecology. Harvard University Press.
- Hunt, A., & Watkiss, P. (2011). Climate change impacts and adaptation in cities: a review of the literature. Climatic Change, 104(1), 13-49.
- Ilustre Municipalidad del Cantón Cuenca (2007). Plan Energético de Cuenca 2007 – 2017.
- Indicators, O. E. (2003). Development, measurement and use. Reference paper, Paris, 50.
- Lavado Contador, J. F., Schnabel, S., Gómez Gutiérrez, Á., & Pulido Fernández, M. (2010). Sensibilidad ambiental a la degradación en Extremadura. Boletín de la asociación de geógrafos españoles, 53, 147-164.
- León, S. (2013). Indicadores de tercera generación para cuantificar la sustentabilidad urbana: ¿Avances o estancamiento?. EURE (Santiago), 39(118), 173-198.
- Malca, N. (2013). Contribución de las áreas verdes urbanas a la calidad ambiental del distrito de Comas-Lima, al año 2011. Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, 15(30), 117-121.
- Maya, J. O. M., & Aguilar, M. D. C. M. (2010). Las áreas verdes de la ciudad de México. Un reto actual. Scripta Nova: revista electrónica de geografía y ciencias sociales, 14.
- Ministerio del Ambiente. (2015). Libro VI Anexo 1 Norma De la Calidad Ambiental. En Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente. Quito.
- Ministerio del Ambiente. (2015). Libro VI Anexo 5 Norma De la Calidad Ambiental. En Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente. Quito.
- Montero, J. M., Chasco, C., & Larraz, B. (2010). Building an environmental quality index for a big city: a spatial interpolation approach combined with a distance indicator. Journal of Geographical Systems, 12(4), 435-459.

- Nichol, J., & Wong, M. S. (2005). Modeling urban environmental quality in a tropical city. *Landscape and urban planning*, 73(1), 49-58.
- Orea, D. G., & Villarino, M. T. G. (2013). Evaluación de impacto ambiental. Mundi-Prensa Libros.
- Organización Mundial de la Salud. (2006). Informe sobre la salud en el mundo 2006: colaboremos por la salud. World Health Organization.
- Perahia, R. (2007). Las ciudades y su espacio público. IX Coloquio Internacional de Geocrítica.
- Platzer, U., Iñiguez, R., Cevo, J., & Ayala, F. (2007). Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad de Santiago de Chile. *Revista de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello*, 67(2), 122-128.
- Quiroga Martínez, R. (2007). Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe. CEPAL.
- Reyes Päcké, S., & Figueroa Aldunce, I. M. (2010). Distribución, superficie y accesibilidad de las áreas verdes en Santiago de Chile. *EURE (Santiago)*, 36(109), 89-110.
- RIVM, 2002. In: Bouwman, A., van Kamp, I., van Poll, R. (Eds.), Report 630950 00x Workshopverslag Leefomgevingskwaliteit II. Verslag Workshop, 18 December 2001, in press.
- Santana Rodríguez, L. M., Escobar Jaramillo, L. A., & Capote, P. A. (2010). Estimación de un índice de calidad ambiental urbano, a partir de imágenes de satélite. *Revista de geografía norte grande*, (45), 77-95.
- Schipperijn, J., Stigsdotter, U. K., Randrup, T. B., & Troelsen, J. (2010). Influences on the use of urban green space—A case study in Odense, Denmark. *Urban Forestry & Urban Greening*, 9(1), 25-32.
- Sellers, Ch., Barrari, D., Pacheco, D., Delgado, O. (2013). Monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Cuenca, *Universidad Verdad* N° 63 (2013): 141-162.
- Seto, K. C., Fragkias, M., Güneralp, B., & Reilly, M. K. (2011). A meta-analysis of global urban land expansion. *PloS one*, 6(8), e23777.
- Smeets, E., & Weterings, R. (1999). Environmental indicators: Typology and overview (p. 19). Copenhagen: European Environment Agency.
- Tabachnick, B. G., Fidell, L. S., & Osterlind, S. J. (2007). Using multivariate statistics. Boston: Pearson Allyn & Bacon.

Tanguay, G. A., Rajaonson, J., Lefebvre, J. F., & Lanoie, P. (2010). Measuring the sustainability of cities: An analysis of the use of local indicators. *Ecological Indicators*, 10(2), 407-418.

UN, U. (2008). *World urbanization prospects: The 2007 revision*. New York UN.

Universidad del Azuay and Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Cuenca (2016). *Mapa de Ruido 2016*. Universidad del Azuay, 2016.

Universidad del Azuay and Ilustre Municipalidad del Cantón Cuenca (2009). *Determinación del Índice de Calidad Ambiental Urbano de Cuenca*. Universidad del Azuay, 2009.

Van Kamp, I., Leidelmeijer, K., Marsman, G., & De Hollander, A. (2003). Urban environmental quality and human well-being: towards a conceptual framework and demarcation of concepts; a literature study. *Landscape and urban planning*, 65(1), 5-18.

PÁGINAS WEB

EMAC - EP. "Relleno Sanitario. "Empresa Pública Municipal de Aseo de Cuenca. 26 de octubre de 2014. Empresa Pública Municipal de Aseo de Cuenca. 20 de abril de 2017 <http://www.emac.gob.ec>.

ETAPA - EP. "MONITOREO DE LA INTEGRIDAD ECOLÓGICA DE RÍOS Y LAGOS. "Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. 2017. Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. 25 de abril de 2017 <http://www.etapa.net.ec>.

OCDE. "Más información sobre la OCDE. "OCDE Mejores políticas para una vida mejor. OCDE. 14 de marzo de 2017 <http://www.oecd.org>.

OCDE. "El trabajo de la OCDE. "OCDE Mejores políticas para una vida mejor. OCDE. 14 de marzo de 2017 <http://www.oecd.org>.

Organización Mundial de la Salud. "El radón y sus efectos en la salud. "Organización Mundial de la Salud. Junio de 2016. Organización Mundial de la Salud. 20 de abril de 2017 <http://www.who.int>.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. "el trabajo de la OCDE. "OCDE Mejores políticas para una mejor vida. 2017. OCDE. 10 de mayo de 2017 <http://www.oecd.org>.

World Health Organization. "Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)." World Health Organization. 12 de marzo de 2017 <http://www.euro.who.int>.

World Health Organization. "Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)." World Health Organization. 2000. World Health Organization. 20 de marzo de 2017 <http://www.euro.who.int>.

Written by Mr. Brian Oram, PG. "Monitoring the Quality of Surface Waters - Calculating NSF Water Quality Index (WQI)." Water Research Center. 2014. Water Research Center. 23 de abril de 2017 <http://www.water-research.net>.