

Estrategias que mejoren la calidad ambiental en la comuna tres, San Juan de Pasto

Strategies that improve the quality environmental in the commune three, San Juan de
Pasto

Juan Camilo Pejendino S.¹ ; Álvaro Javier Ceballos F.²

¹. Estudiante para optar título de Ingeniero Ambiental, Facultad de Ciencias Agrícolas, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia, ingeniero.juann@gmail.com.

². I.AF., Especialista y Magister en desarrollo regional y planificación del territorio, Docente Hora Cátedra, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.

RESUMEN

Colombia es un territorio precedido por una alta riqueza ambiental. Sin embargo, en la actualidad se evidencian problemáticas ambientales que afectan la calidad de vida de los habitantes. La ciudad de San Juan de Pasto, en especial su área céntrica y suroriental presentan problemas ambientales generados a causa del proceso de urbanización, debido a que esta área presenta una mayor presión sobre los recursos ambientales, a causa de una mayor densidad poblacional. Tal situación dio lugar al desarrollo de la presente investigación, a diseñar estrategias que contribuyan al mejoramiento de la calidad ambiental urbana en la comuna tres, por medio de la obtención de indicadores de calidad ambiental urbana, la estimación de la calidad ambiental en la zona de estudio y la formulación de alternativas que aumenten la calidad ambiental urbana y prevengan impactos ambientales. Para ello, se aplicó el Índice de calidad ambiental urbana (ICAU), como un instrumento para evaluar la sostenibilidad ambiental en las urbes. El valor del ICAU para la comuna tres obtuvo una calificación de 50,5, lo cual advierte de una calidad ambiental urbana media y da lugar al estudio de dos estrategias; un sistema de terrazas verdes modulares y una estrategia de movilidad sostenible - Sistema público de bicicletas, que mejorarían la calidad ambiental de área de estudio. Este proceso también determinó que la aplicación del ICAU propuesto por el MADS es aplicable al nivel de comuna.

Palabras Clave: Índice de calidad ambiental urbana (ICAU), Ruido ambiental, Superficie de área verde.

ABSTRACT

Colombia is a territory preceded by a high environmental richness. However, at present there are environmental problems that affect the quality of life of the inhabitants. The city of San Juan de Pasto, especially its central and southeastern area, presents environmental problems generated by the urbanization process, due to the fact that this area presents a greater pressure on environmental resources, due to a higher population density. Such situation gave rise to the development of the present investigation, to design strategies that contribute to the improvement of the urban environmental quality in the commune three, by means of the obtaining of indicators of urban environmental quality, the estimation of the environmental quality in the zone of study and formulation of alternatives that increase urban environmental quality and prevent environmental impacts. For this, the Urban Environmental Quality Index (ICAU) was applied as an instrument to assess environmental sustainability in cities. The value of the ICAU for commune 3 obtained a score of 50.5, which warns of an average urban environmental quality and gives rise to the study of two strategies; a system of modular green terraces and a sustainable mobility strategy - Public bicycle system, which would improve the environmental quality of the study area. This process also determined that the application of the ICAU proposed by the MADS is applicable at the commune level.

Key words: Urban environmental quality rating, Environmental noise, Surface of green area.

INTRODUCCIÓN

Las dinámicas de crecimiento demográfico que enfrentan las ciudades representan una seria amenaza para el medio ambiente, así como para la salud y la calidad de vida de sus habitantes. Dicho crecimiento genera nuevos procesos económicos y está generalmente acompañado de un incremento en las actividades industriales, mayores tasas de motorización, superior consumo de combustible y por ende la generación de mayores emisiones de contaminantes del aire (Franco, 2012).

En Colombia, cerca del 75% de la población colombiana vive en centros urbanos, y se estima que esta proporción aumentará al 85% en el año 2050. Durante las próximas cuatro décadas cerca de 20 millones de personas llegarán a las ciudades, con las correspondientes demandas de vivienda, transporte, servicios públicos y sociales, entre otros. (Departamento Nacional de Planeación, 2014, párr. 4).

La importancia de esta investigación radicó en diseñar estrategias que contribuyan al mejoramiento de la calidad ambiental urbana y disminuyen impactos ambientales en la comuna tres de la ciudad de San Juan de Pasto, debido a la ausencia de la planificación en el proceso urbanizador que ocasionó el crecimiento desorganizado en la ciudad de San Juan de Pasto (Figuerola & Ordoñez, 2014).

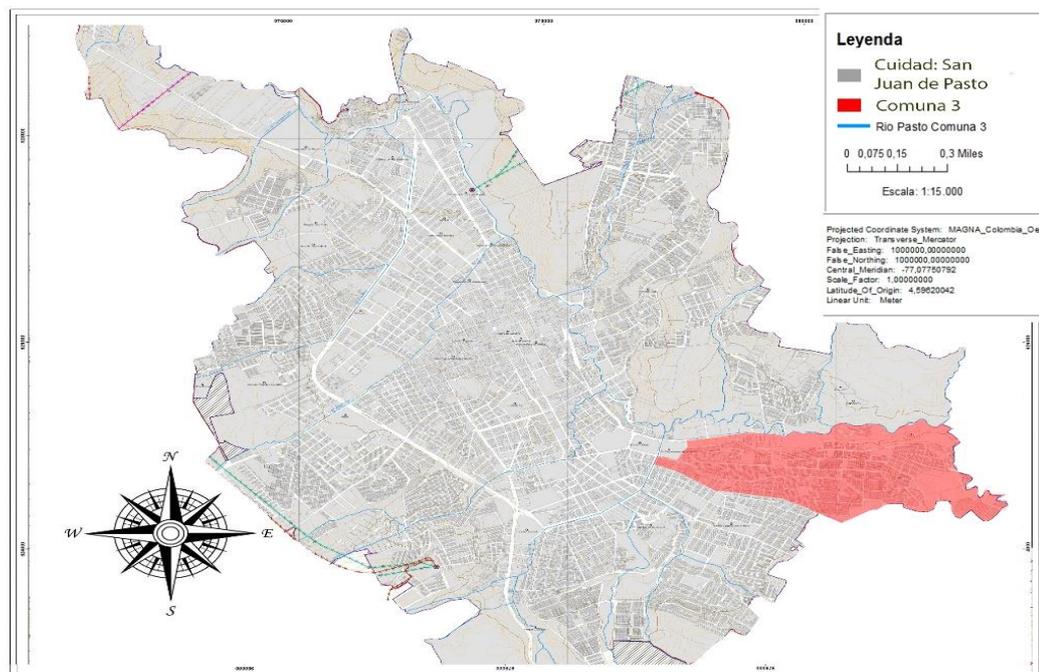
Con ello se logró obtener una estimación objetiva del estado actual de la calidad ambiental en la comuna tres de la ciudad San Juan de Pasto, a través de la evaluación de indicadores ambientales directos e indirectos. Los indicadores directos son aquellos que están relacionados con las funciones y políticas ambientales, cuya generación es responsabilidad directa de la autoridad ambiental y los indicadores indirectos se ven relacionados con competencias y políticas diferentes a las ambientales, cuya generación es responsabilidad directa de las entidades territoriales, empresas de servicios públicos, entre otras.

El proyecto establece la formulación y priorización de dos estrategias; un sistema de terrazas verdes modulares y una estrategia de movilidad sostenible - Sistema público de bicicletas, pero deja abierta la oportunidad de la posible ejecución de las estrategias, mejorando calidad ambiental de la comuna tres, así como de la región en general, disminuyendo el número de enfermedades de tipo respiratorio, mejorando la belleza paisajística, previniendo la variabilidad climática, entre otras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio

El estudio se llevó en la ciudad de San Juan Pasto, específicamente en la comuna tres, ubicada al sur oriente, siguiendo la vía de acceso al departamento del Putumayo, entre las comunas 2, 4 y 12, colindando con los corregimientos de Buesaquillo y Mocondino.



Elaboración propia, 2019. Apoyado con Datos POT (2014).

Figura 1. Localización cartográfica de la comuna tres de la ciudad de San Juan de Pasto.

Ubicada en las coordenadas $1^{\circ}12'13''$ LN y $77^{\circ} 15' 24''$ LO. En ella habitan 56.761 individuos (Alcaldía Municipal de Pasto, 2017). En la Figura 1, se muestra la localización geográfica de la comuna tres de la ciudad de San Juan de Pasto.

Indicadores de calidad ambiental urbana

Para lograr la calificación de indicadores de la calidad ambiental urbana, se usó la metodológica ICAU, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2016) de urbes con nivel de complejidad urbana entre 100.000 y 499.999 habitantes, aunque el área de estudio esta compuesta por 56.761 habitantes, se selecciona nivel de complejidad debido a que la comuna tres esta vinculada en relaciones económicas, sociales y culturales con la cabecera urbana de la ciudad de San Juan de Pasto. En la Tabla 1 se indican las fórmulas para el cálculo de los indicadores.

Tabla 1. Fórmulas para el cálculo de indicadores de calidad ambiental.

No.	Fórmula	Descripción
I	$AVU_{pc} = \frac{AVU}{PUT}$	AVU _{pc} = Área verde por habitante (m ²) AVU= Total de áreas verdes urbanas en comuna (m ²) PUT= Población urbana total (por comuna) (número de personas).
II	$\%EC = \frac{Ec}{Et} * 100$	%EC= Porcentaje de estaciones que reportan concentraciones anuales de PM ₁₀ y PM _{2,5} , normativa vigente. Ec=Número de estaciones que reportan concentraciones anuales de PM ₁₀ , normativa vigente. Et= Total de estaciones monitoreando PM ₁₀ y PM _{2,5} en el periodo de tiempo (t) del área de cada una de las comunas.
III	$ICA_{i,j} = \sum_{i=1}^n W_i I_{ijt}$	ICA _{i,t} : Índice de calidad el agua para una determinada corriente superficial en la estación de monitoreo j, en el tiempo t. W _i : peso o ponderador asignado a cada variable de calidad i. I _{ijt} : subíndice de calidad de la variable i, de acuerdo con las curvas funcionales o ecuaciones correspondientes, en la estación de monitoreo j, en el tiempo t.
IV	$\%RSA = \left(\frac{\sum RSA}{RSG} \right) * 100$	RSG (Ton) = RS dispuestos (Ton) + RS aprovechados (Ton) RSA: RS Aprovechados (Ton)
V	$PUAR = AUPEP * FDP$	PUAR: Población urbana expuesta a ruido ambiental por encima del valor de referencia (65 dB) AUPEP: Área de las zonas en las cuales se determinó incumplimiento del valor del referencia del nivel equivalente día noche de 65dB(A),en kilómetros cuadrados.(Km ²) FDP: Factor de densidad poblacional.
VI	$\%DNM = \frac{CRAPH}{Dotación RAS}$	% DNM: Porcentaje de consumo de agua con relación a la dotación neta máxima establecida en el RAS CRAPH: Consumo residencial de agua por habitante [l/hab-día] Dotación RAS: Dotación neta máxima establecida en el RAS según nivel de complejidad y clima [l/hab-día]
VII	$\%CE = \frac{CREPH1}{CREPH2} * 100$	%CE = Porcentaje de consumo residencial. CREPH1: Consumo residencial de energía por habitante (Kwh/ habitante/ año) (Año de reporte ICAU) CREPH2: Consumo residencial de energía por habitante (Kwh/ habitante/ año) (Año reporte ICAU anterior)
VIII	$\%RSD = \frac{RSD_{j,t}}{RG_{j,t}} * 100$	% RSD = Porcentaje de residuos sólidos generados en el área urbana y que son dispuestos adecuadamente RSD _{jt} = Cantidad de RS dispuestos adecuadamente (Ton) RG _{jt} = Cantidad de RS generados (RS dispuestos + RS aprovechados) (Ton)
IX	$CUSPU = \frac{SPUCU}{SPUT} * 100$	CUSPU: Porcentaje del suelo de protección urbano con conflictos de uso del suelo (%). SPUCU: Superficie del suelo de protección urbano con conflictos de uso del suelo (Ha). SPUT: Superficie del Suelo de protección urbano (Ha).

Fuente: MADS (2016).

A continuación, se describe la metodología de cada indicador de calidad ambiental urbana.

Superficie de área verde por habitante. Para obtener la cuantificación de la superficie de área verde por habitante, se apoyó en el plano N° EE2 – Tratamientos Urbanísticos del (POT Pasto, 2014) donde se indica las zonas verdes y se procedió a realizar la actualización de información mediante la rasterización y digitalización de imágenes satelitales, como también de imágenes capturadas en sobrevuelo del área de estudio. Con el valor de la extensión de superficie de área verde se procedió a realizar el cálculo del área verde por habitante a través de la fórmula No. I de la Tabla 1, teniendo en cuenta la densidad poblacional como base para el cálculo.

Calidad del aire. Se usó la información brindada por CORPONARIÑO y la plataforma gubernamental SISARE de la estación de monitoreo de calidad de aire ubicada en la Universidad Mariana. El cálculo del indicador de calidad de aire se realizó con base en la evaluación de PM10 de los años 2017 y 2018. Se realizó el cálculo de calidad de aire con base en la fórmula No. II de la Tabla 1.

Calidad del agua superficial. Para la obtención de este indicador se usó la información contenida en el Plan de Ordenamiento del Cauce Principal del Río Pasto (CORPONARIÑO, 2011). Específicamente las caracterizaciones fisicoquímicas de los tramos antes de la Quebrada Dolores y el tramo Bocatoma Centenario. La calidad de agua superficial se basó de los parámetros: sólidos suspendidos totales, pH, oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno, nitrógeno total y fósforo total. Se obtuvo la calidad de agua superficial a través de la fórmula N° III de la Tabla 1.

Porcentaje de áreas protegidas. Realizada a través de la solicitud de información a la Alcaldía Municipal de Pasto y análisis de las áreas en concordancia con la comuna tres.

Porcentaje de residuos sólidos aprovechados. Revisión y toma de información del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2015 - 2027 de la Alcaldía Municipal de Pasto. El cálculo del indicador se realizó con base a proyecciones del PGIRS para el año 2019 en valores de residuos sólidos y residuos sólidos aprovechados. Dicho cálculo se obtuvo gracias a la aplicación de la fórmula No. IV de la Tabla 1.

Porcentaje de población urbana expuesta a ruido por encima del nivel de referencia: para el cálculo de este indicador se tomó como base el mapa de ruido ambiental para el Municipio de Pasto, el cual se digitalizó y se intersecó con la comuna tres. Posteriormente se calculó

el área que presenta niveles de ruido superior a 65dB y teniendo en cuenta la densidad poblacional se encontró el número de personas que se ve afectada por ruido por encima del nivel de referencia. Este cálculo se realizó con base en la fórmula No. V de la Tabla 1.

Porcentaje de población vinculada a estrategias de educación ambiental en áreas urbanas y Porcentaje de población que participa en gestión ambiental urbana: para el cálculo de estos indicadores fue necesario encuestar a 268 personas de la comuna tres, las cuales representan una muestra significativa con un margen de error del 5,79% y un nivel de confianza igual al 94,31%. Posterior a esto, se realizó la organización de los resultados en una tabla de Excel y se hizo el cálculo de los porcentajes.

Porcentaje de población urbana localizada en zonas de amenaza alta: para el cálculo de este indicador fue necesario el análisis del mapa de amenazas por fenómenos de origen natural y siconatural generado por el Servicio Geológico Colombiano en el año 2015. Se realizó una traslación de la comuna tres con el área de amenaza volcánica alta, para evidenciar la inexistencia de áreas de amenaza alta en la comuna tres.

Consumo residencial de agua y energía por habitante: el cálculo de estos indicadores fue necesaria la revisión y extracción de información del Informe Nacional de Calidad Ambiental Urbana - 2016 y posteriormente se realizó la actualización de valores con base en el Informe de Gestión generado por la empresa CEDENAR S.A. E.S.P. Para el cálculo de estos indicadores fue necesario la aplicación de las fórmulas No. VI y VII de la Tabla 1.

Porcentaje de residuos sólidos dispuestos adecuadamente: la solicitud de información a la empresa EMAS S.A. E.S.P dio lugar al cálculo del porcentaje de residuos sólidos dispuestos adecuadamente. Calculado a partir de la formula No. VIII de la Tabla 1.

Porcentaje de suelos de protección urbanos: se realizó la digitalización de los suelos de protección urbanos con base en el plano N° EE7 – Planes Parciales. Los cuales se intersecaron con la comuna tres, dando lugar a la observación del área que presenta suelos de protección urbana y logrando cuantificar el porcentaje de suelos de protección urbanos. Dicho porcentaje se calculó con base en la formula No. IX de la Tabla 1.

Espacio público efectivo por habitante: el cálculo de este indicador se logra a partir de revisión bibliográfica.

Estimación del índice de calidad ambiental urbana (ICAU)

Para la estimación del Índice de Calidad Ambiental Urbana, el MADS establece que el grupo de indicadores directos debe tener un mayor peso en la definición del resultado final del ICAU, por lo cual define una participación del 70% a este grupo de indicadores y el 30%, lo representa el grupo de indicadores indirectos. Al interior de cada grupo de indicadores, directos e indirectos, se debe otorgar el mismo porcentaje de participación a cada uno de los indicadores que lo conforman, por lo cual la estimación del valor del grupo se realizó utilizando las siguientes fórmulas.

Tabla 2. Estimación del índice de calidad ambiental urbana.

Fórmula	Descripción	Fuente
$vFD = \sum VOI * \frac{70}{\# \text{ de indicadores del grupo}}$	Valor final del grupo de indicadores directos.	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2016)
$vFI = \sum VOI * \frac{30}{\# \text{ de indicadores del grupo}}$	Valor final del grupo de indicadores indirectos	
$ICAU = VFD + VFI$	Índice de Calidad Ambiental Urbana.	

Una vez obtenidos los valores finales (VF) de cada grupo de indicadores (directos e indirectos), se realiza la suma de los dos valores, cuyo resultado es el valor final del Índice de calidad ambiental (MADS, 2016).

Para su interpretación el resultado obtenido se debe clasificar en uno de los cinco (5) rangos definidos en la Tabla 3, en donde cada uno de ellos indica un nivel de calidad ambiental urbana.

Tabla 3. Ponderación de valores y definiciones para resultado final de ICAU.

Calidad Ambiental Urbana	Puntaje
Muy Baja	< a 20 puntos
Baja	20,1 a 40 puntos
Media	40,1 a 60 puntos
Alta	60,1 a 80 puntos
Muy Alta	> a 80 puntos

Fuente: Índice de calidad ambiental urbana, (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016)

Matriz de priorización multicriterio

La determinación de las estrategias para mejorar la calidad ambiental, se realizó a través de una matriz de priorización multicriterio por el método de suma ponderada, propuesta por Aznar y Guijarro (2012). Esta metodología permite ponderar una serie de alternativas en función de múltiples criterios, para esta investigación se establecieron los siguientes criterios: impacto ambiental, alcance, viabilidad, criterio financiero y prioridad. El proceso permite cuantificar la idoneidad de una alternativa, para lo cual se utilizaron cuatro criterios. Dichos criterios se puntúan para cada alternativa de cero a diez y se califica la ponderación de cero a cinco. El valor de la calificación para la alternativa estará relacionado con el grado de idoneidad.

Planteamiento de estrategias

El diseño de estrategias ambientales se llevó a cabo a través del análisis, planteamiento y discusión de medidas de protección ambiental, que persigan la contribución del mejoramiento de la calidad ambiental. El modelo de proceso estratégico enfatizó el carácter emergente e innovador de la estrategia, así como su carácter eminentemente organizativo. Se planteó estrategias que mejoraran la calidad ambiental, las cuales tuvieran referencias nacionales e internacionales y que logren discutir asertivamente los resultados de dichas estrategias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calificación de los indicadores de calidad ambiental urbana

El análisis de la cartografía, la generación de los valores de área de cobertura vegetal, la recopilación de información en campo y demás aplicaciones de las ciencias ambientales, dan lugar al cálculo de los indicadores de calidad ambiental urbana, con la metodología descrita por el MADS (2016). Se logró compilar la información en la Tabla 4, tal como se indica a continuación.

Tabla 4. Resultados ICAU - Comuna tres del Municipio de Pasto.

Indicador	Calificación con base en el ICAU	Clasificación	Fuente
Superficie de área verde por habitante	0,5	Medio	Este estudio, 2019. Apoyado con Datos POT (2014)
Calidad del aire	1	Muy alto	CORPONARIÑO (2018), SISARE (2018)
Calidad del agua superficial	0,5	Medio	PORH Río Pasto (2011)
Porcentaje de áreas protegidas	0	Muy bajo	Acuerdo Municipal N° 041 del 29 de noviembre del 2010
Porcentaje de residuos sólidos aprovechados	0,8	Alto	Plan de gestión integral de residuos sólidos Pasto 2015 – 2027 (2015)
Porcentaje de población urbana expuesta a ruido por encima del nivel de referencia	0	Muy bajo	Este estudio, 2019. Apoyado con Datos de Coorponariño (2013)
Porcentaje de población que participa en gestión ambiental urbana	0,3	Bajo	Este estudio.
Porcentaje de población vinculada a estrategias de educación ambiental en áreas urbanas	0,3	Bajo	Este estudio.
Porcentaje de población urbana localizada en zonas de amenaza alta	1	Muy alto	Este estudio, 2019. Apoyado con Datos de Servicio geológico colombiano (2015)
Consumo residencial de agua por habitante	1	Muy alto	Informe Nacional de Calidad Ambiental Urbana (2016)
Consumo residencial de energía por habitante	0	Muy bajo	Informe de gestión CEDENAR S.A. E.S.P 2017 (2018), Informe Nacional de Calidad Ambiental Urbana (2016)
Porcentaje de residuos sólidos dispuestos adecuadamente	0	Muy bajo	Informe de gestión 2017EMAS S.A. E.S.P (2018).
Porcentaje de suelos de protección urbanos	1	Muy alto	Este estudio, 2019. Apoyado con Datos POT (2014)
Espacio público efectivo por habitante	0	Muy bajo	Coorponariño (2016)

D
I
R
E
C
T
O

I
N
D
I
R
E
C
T
O

El estudio logró el cálculo de nueve indicadores directos y cinco indicadores indirectos tal como lo sugiere el MADS (2016), asumiendo un alto nivel de confiabilidad. Sin embargo, el Informe Nacional de Calidad Ambiental Urbana (2016), para el nivel de complejidad de urbes con población entre 100.000 y 500.000 habitantes, evidencia que los resultados no reportaron el 100% de indicadores propuestos. Lo anterior, debido a la falta o ausencia de fuentes de información, información no confiable o que no fue posible validar, así como la falta de acciones para recoger la información que permita medir temas estratégicos de la gestión ambiental de las áreas urbanas.

Escobar (2006) infiere que los indicadores de calidad ambiental están correlacionados espacialmente. Sin embargo, los resultados de la calificación de los indicadores ambientales directos e indirectos de la comuna tres, son muy variables. De ello se puede señalar que existen problemáticas ambientales en las que se debe realizar énfasis, para lograr una calidad ambiental idealizada.

Liévano y Giraldo en su estudio de calidad ambiental en la localidad de Kennedy, Bogotá, lograron identificar a través de la lista de chequeo 13 de los 16 indicadores que propone el ICAU, se evidencia una falencia en la consecución de la información ya que no se logra adquirir información del 100% de los indicadores propuestos por el ICAU. Nuestra investigación logra la consecución de la totalidad de los indicadores. Sin embargo, la calidad del Aire y consumo residencial de agua y energía por habitante son calculados con información de la ciudad de San Juan de Pasto, esto debido a la complejidad del logro de la información a nivel comunal.

Estimación la calidad ambiental en la zona de estudio

La determinación de los indicadores de calidad ambiental da lugar a una estimación cuantitativa del índice de calidad ambiental.

Valor final del grupo de indicadores directos:

$$vFD = (0,5 + 1 + 0,5 + 0 + 0,8 + 0,3 + 0,3 + 1) * \frac{70}{8}$$

$$vFD = 38,5$$

Valor final del grupo de indicadores indirectos:

$$vFI = (1 + 0 + 0 + 1 + 0) * \frac{30}{5}$$

$$vFI = 12$$

La estimación de la calidad ambiental urbana de la comuna tres de la ciudad de Pasto contempla la incorporación de indicadores directos e indirectos, los cuales están ponderados como se indica en este artículo. Para la estimación del ICAU se realiza la suma de los valores finales en los indicadores directos e indirectos. A continuación, se evidencia la estimación del índice de calidad ambiental.

$$ICAU = 38,5 + 12$$

$$ICAU = 50,5$$

Con base en la metodología planteada por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (2016) se clasifica la calidad ambiental de la comuna tres de la ciudad de San Juan de Pasto como media, ya que se encuentra en rango de 40,1 a 60 puntos. Por lo que se puede señalar que la calidad ambiental de la comuna tres es un eje importante de acción y que debe ser prioridad para los gobernantes y los habitantes de la zona, impulsar estrategias que estén a favor de mejorar la calidad ambiental.

Para la elaboración del ICAU, el MADS (2013) tuvo en consideración sistemas existentes de indicadores ambientales e iniciativas internacionales y locales, entre los antecedentes más importantes está el Índice de Calidad Ambiental Urbana – ICA, desarrollado para la ciudad de Cali por la Universidad del Valle, el cual tiene como ventaja una mayor resolución espacial, puesto que llega al nivel de comuna, localidad o barrio. Tal aspecto da claridad de lo conveniente y adecuado de la implementación del ICAU para la comuna tres de San Juan de Pasto.

Según Escobar Luis (2006), la distribución espacial de la calidad ambiental por comunas muestra una relación indirecta con la centralidad de la ciudad, siendo las áreas periurbanas las que poseen mejor calidad ambiental, si estas no presentan un carácter socioeconómico elevado. El Informe Nacional de Calidad Ambiental Urbana (2016), expresa que la ciudad

de San Juan de Pasto tiene la mejor calidad ambiental del país en poblaciones entre los 100.000 y 500.000 hab, con una calificación de 51.4, mejorando la calidad ambiental de la comuna tres (50.5) con 0.9 puntos, estando la comuna tres ubicada en la periferia de la ciudad.

En nivel de calidad ambiental de la comuna tres se encuentra en un rango intermedio, tal calificación también la tienen ciudades como Medellín, Bogotá, Ibagué y Pasto, según el informe de calidad ambiental urbana (2016).

Alternativas que aumenten la calidad ambiental urbana y previenen impactos ambientales negativos.

Con el propósito de mejorar la calidad ambiental del área de estudio, esta investigación propone estrategias para reducir los impactos de los indicadores con baja calificación, para con ello contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de las personas. Según Escobar (2006) en el proceso de diseño de estrategias para mejorar la calidad ambiental, se debe priorizar el diseño de estrategias ambientales que impacten de forma diferencial las distintas zonas de la ciudad.

A continuación, en la Tabla 5 se muestran las estrategias relacionadas a los indicadores de baja calificación.

Tabla 5. Estrategias que aumenten la calidad ambiental urbana.

Indicadores con baja calificación	Estrategias
Superficie de área verde por habitante.	Sistema de terrazas verdes modulares
Calidad del agua superficial	Parque lineal Río Pasto
Porcentaje de áreas protegidas	Parque ecológico
Porcentaje de población urbana expuesta a ruido por encima del nivel de referencia.	Movilidad sostenible: Sistema público de Bicicletas.
Porcentaje de población que participa en gestión ambiental urbana	Adecuación, ornamentación y preservación de áreas verdes.
Porcentaje de población vinculada a estrategias de educación ambiental en áreas urbanas.	
Consumo residencial de energía por habitante	Campañas de concienciación referentes al gasto energético y uso de energías renovables
Espacio público efectivo por habitante	Regeneración urbana - Demoliendo autopistas y construyendo parques.

Con animo de formular la estrategia más idónea para el mejoramiento de la calidad ambiental de la comuna tres, se realiza una priorización de las alternativas a través de una matriz de priorización con metodología de suma ponderada, tal como se indica a continuación en la Tabla 6.

Tabla 6. Matriz de priorización.

Estrategias	Impacto ambiental		Alcance		Viabilidad		Criterio financiero		Prioridad	
	Ponderado	Puntos	Ponderado	Puntos	Ponderado	Puntos	Ponderado	Puntos	Puntos	Prioridad
Terrazas verdes modulares	4	7	2	7	3	7	4	7	91	1
Movilidad sostenible: Sistema público de bicicletas	4	7	2	5	3	6	4	7	84	2
Campañas de concienciación referentes al gasto energético y uso de energías renovables	4	5	2	6	3	8	4	7	83	3
Parque lineal Río Pasto	4	5	2	3	3	9	4	6	77	4
Adecuación, ornamentación y preservación de áreas verdes con la comunidad	4	5	2	7	3	7	4	5	75	5
Parque ecológico	4	6	2	5	3	5	4	4	65	6
Regeneración urbana /Demoliendo autopistas y construyendo parques.	4	7	2	4	3	1	4	1	43	7

La Universidad ESAN (2018) indica que la priorización es una acción imprescindible, debido a que establece la importancia y aumenta las tasas de éxito. La matriz indica que las estrategias que se debe formular son: Sistema de terrazas verdes modulares y Movilidad sostenible: Sistema público de Bicicletas.

Estrategias de Sistemas de Techos verdes Modulares

Asegura Osmundson (2009), los Techos verdes o cubierta vegetada es cualquier espacio abierto, plantado, realizado para proveer disfrute humano o una mejora ambiental, que se encuentra separado del suelo por un edificio u otra estructura y que puede estar misma altura o por encima del nivel del suelo.

Una de las grandes ventajas u oportunidades que entrega la implementación de los techos verdes, es que utilizando diseños adecuados esta puede contribuir de manera simultánea tanto a mitigar el cambio climático como a adaptarse a los efectos derivados de él. En este sentido, la utilización de techos verdes para enfrentar el cambio climático y sus efectos, presenta ventajas por sobre otras estrategias derivadas de su carácter multifuncional o multipropósito (Vásquez, 2016).

La estrategia enlaza la protección al medio ambiente y la cultura nariñense, esto en el aspecto de la inclusión de especies nativas, especies ornamentales y en especial importancia, especies que formen parte de la gastronomía nariñense. Para el sistema de techos verdes en la región se ha seleccionado el Sistema para techos verdes de bandeja modular.

La estrategia de techos verde de bandeja modular tiene como principales ventajas que son de diseño simple, fáciles de instalar, cada módulo estándar contiene una jerarquía completa de sistemas de techos verdes, que incluyen: drenaje, retención de lluvia, filtración, medios de cultivo y plantas. El módulo está montado directamente en el sistema de impermeabilización del techo, proporcionando protección contra las fluctuaciones UV) y térmicas (Greening Solution, 2018)

Gracias a su capacidad de retención, los Techos verdes pueden causar cambios en la respuesta hidrológica, como la reducción del escurrimiento superficial por retención de parte del agua de lluvia (Rossatto *et al.*, 2017). Echo que afirman Villalba *et al* (2017), debido a que los resultados de su estudio afirman, que el *Carpobrotus acinaciformis*, puede realizar un aporte a la disminución de los escurrimientos urbanos, como vegetación a utilizar en cubiertas naturadas para ciudades.

Gómez *et al.* (2017) menciona que es la selección de la planta no es únicamente interesante desde el punto de vista paisajístico, sino que puede ser clave desde una perspectiva ingenieril como factor de diseño, puesto que la atenuación de volúmenes y caudales pico en la esorrentía puede contribuir a mitigar amenazas de inundación o racionalizar la

infraestructura de drenaje urbano en ciudades de clima tropical andino. Afirmando la eficiencia del sistema en la reducción del escurrimiento superficial.

A su vez Schiappacasse *et al.* (2017) afirma que los sistemas de techo verde modulares tienen un desarrollo próspero y afianza la eficiencia en la mejora paisajística, por su parte Villanueva *et al.* (2013) indica que los techos verdes ofrecen una eficacia en la reducción de la temperatura la cual puede llegar a ser hasta de 5,08°C en eventos de islas de calor.

Movilidad sostenible – Sistema público de bicicletas

Según el Plan Maestro Metropolitano de la Bicicleta del Valle de Aburrá (2015), la movilidad sostenible implica adoptar un conjunto de políticas, medios físicos, normativos y operacionales que promuevan modos de transporte con el menor costo ambiental, económico y social, asegurando que a través de ellos se logre una mejora en la calidad de vida de los habitantes presentes y futuros del territorio metropolitano. El PMB (2015) menciona que la aplicación de esta estrategia genera múltiples beneficios, entre ellos la reducción de la contaminación ambiental y sonora.

En pro de lograr una movilidad sostenible en la comuna tres de la ciudad de San Juan de Pasto, se plantea una movilidad ciclo-incluyente, que propende incorporar la bicicleta en los sistemas de movilidad, fomentando su uso por medio de medidas de regulación de tránsito, construcción y/o adecuación de infraestructura, y creación de servicios y equipamientos complementarios que faciliten su uso en condiciones favorables, confortables y atractivas.

La promoción del uso de la bicicleta es una de las políticas más empleadas para contrarrestar los efectos negativos del uso del auto en los grandes centros urbanos. En este contexto en los últimos 10 años, los sistemas de bicicletas compartidas se han popularizado en múltiples ciudades del mundo (Shaheen *et al.*, 2010)

Para Romo y Gómez (2012) las fuentes que provocan ruido pueden dividirse entre aquellas que por sus altos niveles pueden dañar el órgano auditivo y otras que con niveles más bajos pueden molestar y/o afectar la salud psicosomática del individuo. Esta estrategia busca reducir los niveles de ruido emitido por el parque automotor y sobre todo mitigar las afectaciones en la salud producidas por el ruido. Integrando los beneficios a la salud que causa la incursión a una vida deportivamente activa, aligerando la carga automovilística en la red vial y mejorando la fluidez del tráfico.

El Club de Bicicleta de Catalunya (2009) en su Estudio Sobre el Impacto de la Implantación de Sistemas de Bicicletas Públicas en España, concluye que el análisis de los datos obtenidos han mostrado una serie de tendencias que se dan en los sistemas de bicicletas públicas españoles. Por ejemplo, se constata que existen muchos tipos de sistemas y que la evolución de los que se perciben como exitosos suele ser hacia la automatización. También se ha notado que no solamente las ciudades medianas y grandes implantan con éxito estos sistemas, sino que también las pequeñas pueden implantar sistemas adaptados a sus medidas, que les puedan dar buenos resultados.

CONCLUSIONES

La comuna tres de San Juan de Pasto tiene una calidad ambiental media. Evidenciando problemáticas en la calidad de agua superficial, áreas verdes por habitante, el porcentaje de población expuesta a ruido por encima del nivel de referencia, población que participa en gestión y educación ambiental, el consumo residencial de energía y el espacio público efectivo por habitante. Y presentando buena calidad ambiental en la calidad de aire, disposición adecuada de residuos sólidos, población urbana localizada en zonas de alta amenaza, consumo residencial de agua y porcentaje de suelos de protección urbanos.

Se diseñó y priorizó estrategias enfocadas a ampliar la superficie de área verde por habitante y reducir el porcentaje de población urbana expuesta a ruido por encima del nivel de referencia, enfocadas a mejorar la calidad ambiental y la prevención a impactos ambientales negativos de la comuna tres de la ciudad de San Juan de Pasto, esto a razón de la interdisciplinaria de los beneficios brindados por las estrategias.

La metodología del ICAU tiene una alta viabilidad en la aplicabilidad a nivel estratégico de comuna, ya que reconoce una o varias posibilidades para la identificación de los indicadores de calidad ambiental, echo que facilita la consecución de la información. Y aun cuando la calidad ambiental está determinada por una cantidad amplia de indicadores, el uso de los Sistemas de Información Geográfica favorece y enriquece el estudio del ICAU en diferentes dimensiones espaciales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcaldía del Municipio de Pasto (2014). Plan de ordenamiento territorial de Pasto 2014 - 2027). Recuperado de https://www.pasto.gov.co/index.php/nuestras-dependencias/secretaria-de-planeacion/plan-de-ordenamiento-territorial?download=7979:documento_tecnico_soporte_pot_nov_2015.

Alcaldía del Municipio de Pasto (2017). Análisis Socio-Predial Corredor Pasto – Chachagüí. Recuperada de: <ftp://ftp.ani.gov.co/Tercera%20Ola/Pasto%20Mojarras/1.1/1.1.7b/PDF/Informe%20Pasto%20-%20Chachagui%2016072017.pdf>

Alcaldía del Municipio de Pasto. (2015). Actualización plan de gestión integral de residuos sólidos. Recuperado de: www.pasto.gov.co/index.php/component/.../135-planes-ambientales?

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2015). PMB2030 - Plan Maestro Metropolitano de la Bicicleta del Valle de Aburrá. Recuperado de: www.encicla.gov.co/wp-content/uploads/5PMB2030.pdf

Aznar, J. & Guijarro F. (2012). Nuevos métodos de valoración: modelos multicriterio. 2º ed. Valencia: Universitat Politècnica. 50 p.

CORPONARIÑO. (2011). Plan de ordenamiento del cauce principal del Rio Pasto. Recuperado de: <http://www.corponarino.gov.co/expedientes/descontaminacion/porhriopasto.pdf>

Departamento Nacional de Planeación. (2014). Publicación: misión para el fortalecimiento del sistema de ciudades. Recuperado de: [https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Vivienda%20Agua%20y%20Desarrollo%20Urbano/Sistema%20Ciudades/Libro-Misión%20Sistema%20Ciudades.pdf?](https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Vivienda%20Agua%20y%20Desarrollo%20Urbano/Sistema%20Ciudades/Libro-Misión%20Sistema%20Ciudades.pdf)

El Club de Bicicleta de Catalunya. (2009). Estudio sobre el impacto de la implantación de sistemas de bicicletas públicas en España. Recuperado de: https://bicicletapublica.files.wordpress.com/2015/08/bacc_2009_estudio-sobre-el-impacto-de-la-implantacion-de-sistemas-de-bicicletas-publicas-en-espac3b1a.pdf

Escobar, L. (2006). Indicadores sintéticos de calidad ambiental: un modelo general para grandes zonas urbanas. Recuperado de: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-71612006000200005

Figuerola, J., & Ordoñez, W. (2014). Caracterización de la evolución urbana en los barrios de la comuna cinco de la ciudad de San Juan De Pasto periodo 1970-2000. Recuperado de biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/90406.pdf

Franco, J. (2012). Contaminación atmosférica en centros urbanos. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-81602012000100013

Gómez, A. Galarza, S. Torres, A. (2017). Propuesta de mejoramiento tecnológico de techos verdes para el clima tropical andino. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/cein/v28n1/0124-8170-cein-28-01-00073.pdf>

Greening Solución (2018). Sistema de bandejas modulares de techo verde. Recuperado de: <https://es.greening-solution.com/green-roof-trays/>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2013). Índice de calidad ambiental urbana-ICAU. Recuperado de: http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Boletines_de_Ozono/Documento_Base_metodologica_ICAU_Versión_1._agosto_2013.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). Índice de calidad ambiental urbana-ICAU. Recuperado de: http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Gestion_urbana/ICAU/DOCUMENTO_BASE_ICAU_Actualización_2016_.pdf

Ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible (2016). Informe nacional de calidad ambiental urbana. Recuperada de: http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Gestion_urbana/ICAU/INFORME_NACIONAL_DE_CALIDAD_AMBIENTAL_URBANA.PDF

Osmundson, T. (2009) Roof Garde History, Desing and Construcción, W.W. New York: Norton &Company Inc. 311p

Romo, J. Gómez, A. (2012), "La percepción social del ruido como contaminante", en Miguel Aguilar, Enrique Delgado, Valente Vázquez y Óscar Reyes. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-72102017000100065#B16

Rosatto, H., Moyano, G., Cazorla, L., Laureda, D., Meyer, M., Gamboa, P., Bargiela, M., Caso, C., Villalba, G., Barrera, D., Pruzzo, L., Rodriguez Plaza, L., Oliveri, A., Waslavky, A., Villalba, G., Rosatto, G., Bienvenido, F., Flores Parra, M., Botta, G., Laureda, D., Perez, D.

(2017). Techos verdes. Contribución de *Carpobrotus Acinaciformis* al manejo integrado de escurrimientos superficiales urbanos. Recuperada de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-86652017000200012

Schiappacasse, F., Rodríguez, E., Nektarios, P., Gaere, M., Maturana, L., (2017). Crecimiento de Chile plantas de *Haplopappus macrocephalus* y *Selliera radicans* en un sistema de azotea verde modular extenso bajo tres regímenes de riego. Recuperado de: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292017000300031&lng=en&tlng=en

Servicio geológico Colombiano. (2015). Mapa de amenaza Volcán Galeras, recuperado de: <https://www2.sgc.gov.co/sgc/volcanes/VolcanGaleras/Paginas/Mapa-de-amenaza.aspx>

Shaheen, S., Guzman, S. & Zhang, H. (2010). Bikesharing in Europe, the Americas, and Asia. Recuperado de: <https://journals.sagepub.com/doi/10.3141/2143-20>

Universidad ESAN (2018). Los criterios fundamentales para la priorización de proyectos. Recuperado de <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales&/2018/10/los-criterios-fundamentales-para-la-priorizacion-de-proyectos/>

Vásquez, A. (2016). Infraestructura verde, servicios ecosistémicos y sus aportes para enfrentar el cambio climático en ciudades: el caso del corredor ribereño del río Mapocho en Santiago de Chile. Recuperado de: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022016000100005.

Villalva, G. Rossato, H. Bienvenido, F. Flores, I. Botta, G. Laureda, D. Perez, D. (2017). Techos verdes. Contribución de *Carpobrotus Acinaciformis* al manejo integrado de escurrimientos superficiales urbanos. Recuperado de: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-86652017000200012&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Villanueva S, J., Rnfla, A., Quintanilla Montoya, A. (2013). Isla de Calor Urbana: Modelación Dinámica y Evaluación de medidas de Mitigación en Ciudades de Clima árido Extremo. Recuperada de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642013000100003&script=sci_arttext