



Universidad de los Andes

Systemic perspectives on low-carbon cities in Colombia-
An integrated urban modeling approach for policy and regulatory analysis

Reporte de transferencias FASE II: Marzo 2021

Elaborado por:

Equipo Universidad Nacional Sede Medellín: Santiago Cardona Urrea, Diego Alexander Escobar García.

Equipo Universidad del Norte: Carlos Javier Velásquez, Augusto Sisa, Aymer Maturana, Germán Rivillas, Humberto Ávila, Jeffrey Janer, Juanita Aldana, Oscar Rojas, Walberto Badillo, Daniela Ortega, Elizabeth Campo, Laura Ospina, Steffy Pineda, Verónica Villadiego

Equipo Universidad de los Llanos: Maira Lorena Sánchez, Javier Rey, Alexandra Montoya, Nathalia Sánchez, Paola Díaz

Equipo Universidad de los Andes: Natalia A. Bernal, Natalia A. Montoya, Luis G. Marín, Ángela Cadena, Nicanor Quijano, Charly Cepeda, Clemencia Escallón, José A. Guevara, Luis A. Guzmán, Guillermo Jiménez, Juana Mariño, Juan P. Rodríguez, Manuel Rodríguez, Hernando Vargas.

Con la colaboración de: Natalia Escobar – Secretaría de Planeación de Manizales; Cristian Mateo Loaiza – Secretaría de Movilidad de Manizales; Sara Cabrera, Hoibyn Cardona, Natalie Gamboa – Secretaría de Medio Ambiente de Villavicencio.

Tabla de contenido

1.	Introducción	2
2.	Transferencia Manizales	4
2.1.	Descripción del caso de estudio	4
2.1.1.	Caracterización de la movilidad	6
2.2.	Resultado de indicadores.....	7
2.3.	Evaluación por etapas	14
3.	Transferencia Barranquilla.....	16
3.1.	Descripción del caso de estudio	16
3.1.1.	El Distrito Especial, Industrial y Portuario de Barranquilla.....	16
3.1.2.	La Ciénaga de Mallorquín: Estructura Ecológica Principal del Distrito de Barranquilla ...	16
3.1.3.	El Corregimiento (Barrio) Eduardo Santos – La Playa y la Ciudadela Adelita de Char	20
3.2.	Estimación de indicadores para los componentes del modelo en el estudio de caso.....	23
3.2.1.	Componente de Ecología Urbana	23
3.2.2.	Componente de Gestión Integral del Agua.....	31
3.3.	Conclusiones y recomendaciones.....	38
4.	Transferencia Villavicencio	40
4.1.	Descripción del caso de estudio	40
4.1.1.	Selección de zona de estudio	40
4.1.2.	Área de estudio.....	40
4.2.	Estimación de indicadores para los componentes del modelo en el estudio de caso.....	42
4.2.1.	Componente de Ecología Urbana	42
4.2.2.	Componente de manejo integrado del agua	49
4.3.	Conclusiones	56
5.	Retroalimentación sobre la metodología y trabajo futuro.....	58
5.1.	Manizales	58
5.2.	Barranquilla	60
5.3.	Villavicencio	62
5.3.1.	Sector Ecología Urbana.....	62
5.3.2.	Sector Manejo Integrado de Agua	64
5.4.	Retroalimentación caso de estudio Ciudad Verde	67
6.	Bibliografía	69

1. Introducción

Durante la primera fase del proyecto se realizó la selección de los casos de estudio: Ciudad Verde, proyecto en fase de operación en el municipio de Soacha; y Lagos de Torca, proyecto en fase de diseño e inicio de construcción en la ciudad de Bogotá. Se realizó la evaluación para los casos de estudio desde una óptica sectorial a partir de consideraciones de sostenibilidad y resiliencia. Para ello se desarrolló un conjunto de indicadores para medir el estado de dichos proyectos en diferentes momentos y se emplearon modelos por sector para evaluar opciones de mitigación de Gases de Efecto Invernadero y de adaptación al cambio climático durante las diferentes etapas que debe seguir un desarrollo urbano, así como propuestas de mejora para dos casos de estudio.

Como continuación del proyecto, durante la segunda fase se finalizó el análisis de los casos de estudio Ciudad Verde y Lagos de Torca. Este análisis incluyó: (i) la evaluación de indicadores sectoriales enfocados en la mitigación de GEI, la adaptación al cambio climático y la mejora en las condiciones de habitabilidad y su comparación con valores de referencia, (ii) la estimación del escenario de línea base de emisiones de GEI; (iii) el análisis de costo – eficiencia de las medidas de mejora propuestas; y (iv) recomendaciones para ambos casos de estudio (los resultados de este análisis pueden consultarse en el [Reporte Final](#)). Igualmente, se continuó trabajando en la caja de herramientas, de modo que los resultados de los modelos sectoriales se consolidaran en una interfaz amigable con el usuario, que pudiera transferirse a otras ciudades para ser adaptada y utilizada en diferentes casos de estudio.

Para validar y transferir la metodología trabajada en el proyecto, durante la segunda fase se seleccionaron tres ciudades colombianas, identificando además universidades locales que serían las receptoras de la metodología y pudieran aplicarla en sus regiones, incluso después de la finalización de este proyecto. Uno de los criterios de selección de las ciudades fue su participación en la estrategia de Biodiverciudades, iniciativa del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, que promueve que los territorios gestionen su desarrollo bajo en carbono y resiliente al clima, incorporen en su planificación espacios de integración entre lo urbano y lo natural y se incentive la bioeconomía, la ciencia, la tecnología, la innovación y la economía circular (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, n.d.).

En primer lugar, se seleccionó la ciudad de Manizales con la Universidad Nacional Sede Manizales como par implementador. El análisis en esta ciudad se enfocó en el sector Transporte, aplicando la metodología para las doce comunas de la zona urbana de Manizales y, adicionalmente, para el municipio conurbado de Villamaría. En segundo lugar, se escogió la ciudad de Barranquilla, que hace parte de la estrategia de Biodiverciudades y del programa Ciudades Emergentes y Sostenibles implementado por Findeter. Siendo una ciudad costera, con características diferentes a las de los casos de estudio analizados por el proyecto en Bogotá y Soacha, se consideró que la aplicación de la metodología en esta ciudad permitiría su adaptación para casos de estudio diversos. El análisis en Barranquilla fue realizado por la Universidad del Norte, aplicando la metodología para los sectores de Ecología Urbana y Manejo Integrado del Agua en el caso de estudio seleccionado: área de influencia de la Ciénaga de Mallorquín, más concretamente, en el Barrio (Corregimiento) Eduardo Santos – La Playa.

En tercer lugar, se escogió la ciudad de Villavicencio, también incluida en la estrategia de Biodiverciudades. La aplicación de la metodología en esta ciudad permitiría su validación en ciudades de menor tamaño. La Universidad de los Llanos, institución receptora de la metodología en esta ciudad, realizó el análisis de los sectores Ecología Urbana y Manejo Integrado del Agua en el caso de estudio Ciudad Porfía, uno de los barrios más grandes y densamente poblados de la ciudad de Villavicencio, ubicado en el área de influencia del Río Ocoa. Igualmente, el equipo de la Universidad de los Llanos realizó una estimación preliminar de

algunos indicadores del sector Gestión de Residuos, que podrá ser completada en el futuro conforme se cuente con la información faltante. El trabajo en el caso de estudio ha contado con el acompañamiento de la Secretaría de Ambiente de Villavicencio. La transferencia de la metodología con las universidades se realizó a través de reuniones de capacitación con los equipos de trabajo. Se contó además con la información recopilada en el informe final de la primera fase, el libro blanco, presentaciones y guías de estimación de los indicadores como material de apoyo. La descripción de los casos de estudio, principales hallazgos y recomendaciones a la metodología realizadas por las tres universidades se incluyen en el presente informe.

La estrategia de transferencia y difusión también incluyó la realización de eventos de socialización y discusión con diferentes actores. Uno de ellos fue el evento Bajo carbono, adaptación y habitabilidad en proyectos urbanos en Colombia. Una visión integrada desde lo micro que se llevó a cabo de manera virtual el 4 de diciembre de 2020. Este evento contó con la participación de tomadores de decisión a escala nacional y local, representantes de gremios, organizaciones sociales, academia y público en general. Durante el evento se realizó, además, el lanzamiento del [Libro Blanco](#), con recomendaciones para la planeación de proyectos urbanos, de política y regulatorias, de coordinación y gestión, sobre el financiamiento de las soluciones y de creación de capacidades e innovaciones que contribuyan a un desarrollo urbano sostenible en el país. Actualmente, éste se encuentra en proceso de diagramación y edición para su publicación. La organización del evento y diseño de la estrategia de comunicación se trabajó en conjunto con el equipo de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad de los Andes.

De igual forma, se realizó una reunión de discusión sobre los resultados del caso de estudio Ciudad Verde con representantes de la constructora Amarilo, miembros de la Agrupación Social Ciudad Verde y la Corporación Responder. Las recomendaciones y retroalimentación sobre el análisis del caso de estudio recibidas en esta reunión se incorporan en el presente informe.

2. Transferencia Manizales

2.1. Descripción del caso de estudio

Manizales es la capital del departamento de Caldas, ubicada en el centro-occidente del país sobre la cordillera central (ver Figura 1). Para 2019 contaba con 405.234 personas en su zona urbana con una distribución por género de 53% mujeres y 47% hombres, mientras que en la zona rural alcanza 29.169 personas brindando una distribución de 93.29% en la cabecera municipal versus 6,71% en la zona rural, todo esto según el Censo Nacional de Población y Vivienda de 2018 (CNPV2018) del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Además, Manizales cuenta con 136.806 hogares, un crecimiento del 33% respecto al censo del 2005. Por otra parte, según el Informe de Calidad de Vida de 2019 elaborado por Manizales Cómo Vamos, el cambio en la pirámide poblacional continúa, dado que Manizales fue la ciudad con mayor índice de envejecimiento del territorio nacional (Manizales Cómo Vamos, 2020). Considerando los estratos socioeconómicos (ver Figura 2), en Manizales predomina el estrato 3 ya que más de una tercera parte de las viviendas (36,6%) se encuentra en esta categoría, mientras que el porcentaje de estratos altos (5 y 6) es menor en porcentaje (10,77%) que la de estrato 1 (15,19%).

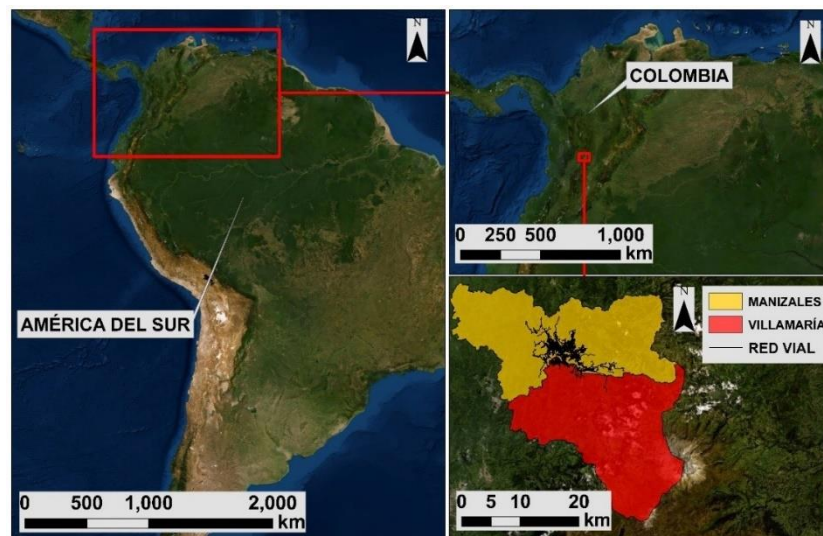


Figura 1. Ubicación geográfica de la zona de estudio.

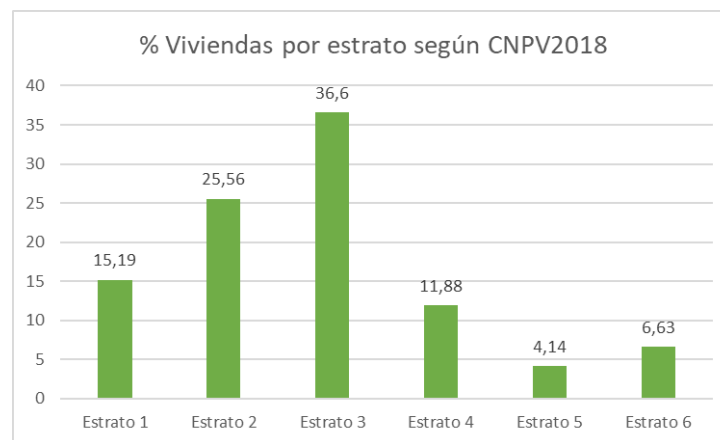


Figura 2. Porcentaje de viviendas según el estrato socioeconómico.

La división administrativa de la ciudad en su zona urbana está conformada por 12 comunas (ver Figura 3). En la Tabla 1 se presenta la población por comuna, dónde la Comuna 5 es la que posee mayor cantidad de habitantes con 50.624. Está comuna, periférica, se caracteriza por estar construida sobre una ladera con altas pendientes y por alojar personas de estrato medio-bajo y bajo (Estratos 1, 2 y 3). Por otro lado, la comuna 2 es la que posee el número de habitantes más bajo con 11.748 y se caracteriza por ubicarse sobre la plaza de mercado, alojando personas de estratos 1 y 2. Está comuna ha tenido un proceso de evolución particular dado que hace varias décadas las personas más prestantes de la ciudad habitaban allí ya que sus terrenos poseían pendientes favorables para la construcción, algo muy inusual en Manizales. En los últimos años, dicha comuna ha sido de gran interés social y urbanístico, a nivel local y nacional debido al “Macroproyecto San José” que busca su renovación integral, por lo que gran cantidad de personas han sido reubicadas en zonas periféricas (Álvarez Puerto, 2013). Adicionalmente, se cuenta con el municipio conurbado de Villamaría, el cual se toma como comuna dado que ambos municipios trabajaban y funcionan como un área metropolitana, compartiendo gran número de actividades y sistemas de transporte, como por ejemplo el cable aéreo.

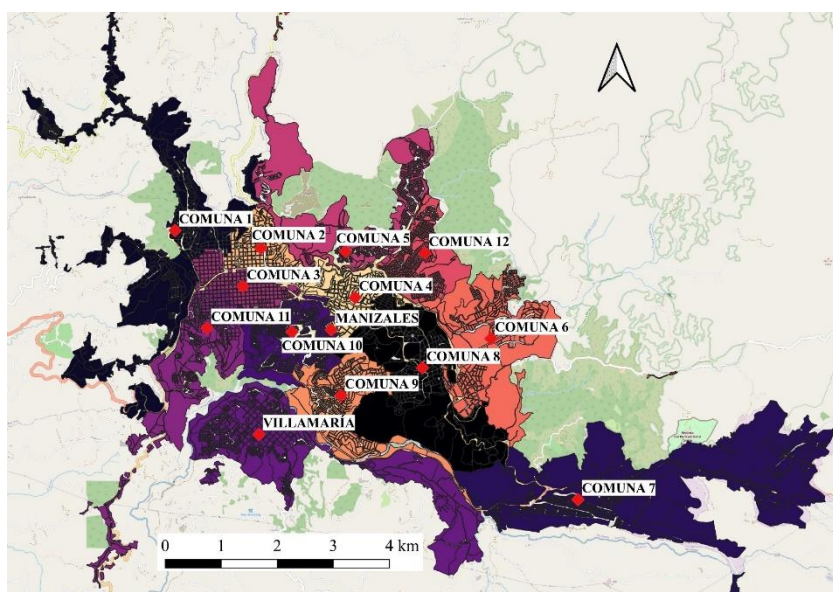


Figura 3. División geopolítica de Manizales

Tabla 1. Habitantes por Comunas en Manizales

Comuna	Habitantes
Comuna 1	41828
Comuna 2	11748
Comuna 3	24334
Comuna 4	24553
Comuna 5	50624
Comuna 6	34581
Comuna 7	25392
Comuna 8	29717
Comuna 9	37132
Comuna 10	47571
Comuna 11	41846
Comuna 12	42468

Comuna Villamaría	59921
-------------------	-------

2.1.1. Caracterización de la movilidad

En esta sección se presentarán las principales variables relacionadas con la movilidad en Manizales, extraídas del Plan Maestro de Movilidad de Manizales, elaborado en el año 2017. En primer lugar, se estableció que diariamente se realizan 749.634 viajes en Manizales, alcanzando 6.86 viajes por hogar y 2,11 viajes por persona. Considerando los viajes por estrato (ver Figura 1Figura 4) se aprecia cómo a medida que aumenta el estrato, también lo hace el número de viajes diarios, tanto por hogar como por persona. En este caso, los estratos 1, 2 y 3 están por debajo del promedio local de viajes diarios por persona. Además, se ve una clara disparidad en cuanto el género, ya que los hombres realizan 2,24 viajes por día mientras las mujeres 1,85 viajes por día.

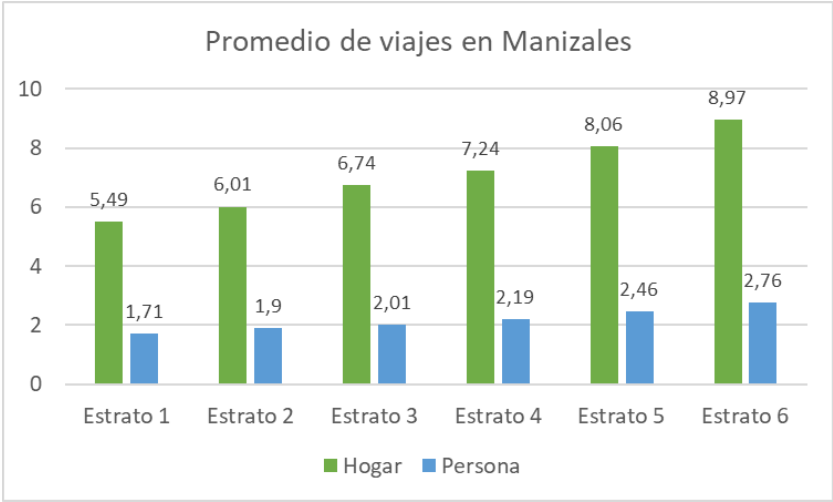


Figura 4. Tasa de viajes según el estrato socioeconómico.

Teniendo en cuenta el reparto modal (ver Figura 5) los manizaleños usan más frecuentemente la caminata como modo principal, llegando a representar el 28,99% del total de viajes, seguido por el transporte público con 27,35% (sumando buseta, bus, microbús-colectivo y cable aéreo); dado lo anterior, el uso de modos de transporte, considerados sostenibles, alcanza más del 56% del total de viajes diarios registrados. En cuanto al uso del vehículo particular, éste alcanza el 20.56% (conductores y pasajeros) y la motocicleta el 12,55% (conductores y pasajeros). El uso elevado del vehículo particular entre los Manizaleños ha generado que la tasa de motorización continúe en alza, alcanzando en el año 2019, un total de 443 veh./1000 hab., con las motocicletas triplicándose a lo largo de los últimos 10 años (Manizales Cómo Vamos, 2020). Lo anterior, sumado a la constante disminución de los pasajeros movilizados en el transporte público (Cardona et al., 2017; Manizales Cómo Vamos, 2020), hace que la percepción de congestión en las vías, se presente continuamente, así como el aumento del tiempo de viaje percibido entre los habitantes (Manizales Cómo Vamos, 2020).

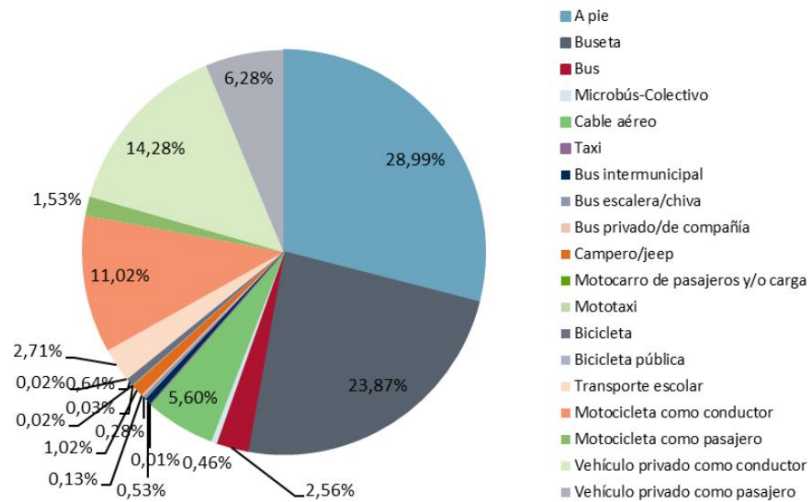


Figura 5 Partición modal.

2.2. Resultado de indicadores

A continuación, se presentarán los resultados de los indicadores calculados por comuna, teniendo en cuenta que, de los 18 indicadores definidos para el sector de movilidad sostenible, se lograron calcular 16. En la Tabla 2 se observan los indicadores junto a los insumos usados para su cálculo. En general los insumos principales están relacionados con:

- El CNPV2018 el cual se relacionó con las manzanas censales del marco geoestadístico nacional
- La encuesta origen destino realizada por Steer en 2017 para el Plan Maestro de Movilidad de Manizales.
- La encuesta de percepción ciudadana realizada por Manizales Cómo Vamos año a año.
- Las redes de transporte ajustadas y actualizadas desde el Grupo de Investigación en Movilidad Sostenible.
- La ubicación de los equipamientos (paraderos, hospitales, colegios y universidades) facilitada por las secretarías municipales correspondientes.

Tabla 2 Indicadores calculados e insumos usados.

INDICADOR	INSUMO
Cobertura del transporte público local (oferta)	Paraderos de transporte público (STT), Red peatonal (Cardona et al. 2019), población (CNPV2018)
Longitud de caminata promedio al primer modo de transporte	Red peatonal (Cardona et al. 2019), red transporte público (Montoya, 2019) , población (CNPV2018)
Participación del transporte público en los viajes totales	Encuesta Origen Destino (PMM2017)
Participación de modos no motorizados en los viajes totales	Encuesta Origen Destino (PMM2017)
Infraestructura destinada para el uso de la bicicleta.	Inventario propio a partir de datos Secretaría de Medio Ambiente
Tasa de movilidad	Encuesta Origen Destino (PMM2017)

INDICADOR	INSUMO
Autocontención de empleo	Encuesta Origen Destino (PMM2017)
Accesibilidad media por curvas isócronas a equipamientos de salud	Red de transporte público (Montoya 2019), ubicación equipamientos salud (Secretaría de Salud), población (CNPV2018)
Accesibilidad media por curvas isócronas a equipamientos (colegios)	Red peatonal (Cardona et al. 2019), ubicación de colegios (Secretaría de educación), población (CNPV2018)
Accesibilidad media por curvas isócronas a equipamientos de educación (universidades)	Red de transporte público (Montoya 2019), ubicación de universidades (Secretaría de educación), población (CNPV2018)
Cobertura del transporte público masivo (oferta)	Manizales no cuenta con Sistema Integrado de Transporte Masivo por lo que no se tuvo en cuenta
Índice de asequibilidad al transporte	No se obtuvieron insumos suficientes para obtener esta estimación
Tiempo de viaje en viajes obligatorios	Encuesta Origen Destino (PMM2017)
Percepción de la satisfacción del transporte público	Encuesta de percepción ciudadana (Manizales cómo vamos 2019)
Percepción de la calidad del entorno urbano	Encuesta de percepción ciudadana (Manizales cómo vamos 2019)
Nivel de emisiones de dióxido de carbono equivalente año (g/km-año).	Encuesta Origen Destino (PMM2017)
Nivel de emisiones de material particulado fino PM _{2.5} año (g/km-año)	Encuesta Origen Destino (PMM2017)
Exposición personal a material particulado fino PM _{2.5} por hora (ug* h/m ³)	Encuesta Origen Destino (PMM2017)

En la Tabla 3 se presentan los resultados de los indicadores, previo a su evaluación por la metodología comprensiva difusa. La tabla se encuentra con una escala de colores por indicador de rojo (indicador más bajo) a verde (indicador más alto), excluyendo la ciudad con el objetivo de realizar comparaciones entre comunas. En este caso la Comuna 12 es la que posee los resultados más favorables en cuanto a las condiciones de accesibilidad a equipamientos de salud y universidades, mientras que la Comuna 3 (centro histórico) posee el indicador más alto relacionado con las condiciones de accesibilidad a colegios, autocontención de empleo, accesibilidad al transporte público (paraderos), tiempo promedio de viajes obligatorios e infraestructura para el uso de la bicicleta. Por otra parte, relacionado con la accesibilidad al transporte (demanda) y el nivel de exposición al PM_{2.5}, la comuna 4 posee los valores más adecuados. En la Comuna 11 las emisiones de dióxido de carbono son bajas y el uso de la caminata como modo de transporte es el más alto. Los demás indicadores poseen valores favorables en algunas comunas, como por ejemplo la tasa de movilidad que alcanza el valor más alto en la comuna 8, la satisfacción con el transporte público alcanza su valor más alto en la Comuna 9, mientras que la satisfacción con el entorno urbano en la Comuna 6. Por último, la exposición a PM_{2.5} es menor en la Comuna 10.

Por otra parte, relacionado con los indicadores más desfavorables entre comunas, se identifica un patrón, en el cual, la condición de accesibilidad a las universidades es de cero (0) para las Comunas 5, 6, 9 y Villamaría; así como para la condición de accesibilidad a los nodos salud, las Comunas 6, 9, 11 y Villamaría

es también de cero (0). En términos de autocontención de empleo, las Comunas 9 y 12 son las que poseen los valores más bajos dado que son comunas denominadas concebidas para cómo residenciales para la mano de obra. Considerando la tasa de movilidad, la comuna 5 y 12 poseen el número de viajes diarios más bajo potenciado por el nivel socioeconómico bajo de sus habitantes. En Villamaría se alcanza el tiempo promedio en viajes obligatorios más elevado, igual situación se encontró en relación con los indicadores emisiones de material fino y dióxido de carbono y exposición por material fino más elevados.

En la Tabla 4 se presentan los “Labels” usados para calcular las pertenencias de las etiquetas lingüísticas de la evaluación comprensiva difusa en el sector de Movilidad Sostenible en Manizales. Los “labels” fueron adecuados a la realidad de la zona de estudio teniendo en cuenta los usados para Ciudad Verde en Bogotá. Es así como los indicadores, se mantuvo la escala dispuesta por los investigadores en Ciudad Verde para aquellos que podía hacerse y se ajustaron los demás siguiendo los lineamientos dados en la metodología. Por esto, los indicadores de accesibilidad a salud y universidades fueron adecuados teniendo en cuenta un valor máximo del 100% de accesibilidad y definiendo límites según los “quintiles”. Además, el indicador tasa de movilidad fue actualizado teniendo en cuenta los valores indicados en la metodología.

Tabla 3. Resultado de indicadores por Comuna

Indicadores	Comuna													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Villamaría	Ciudad
Accesibilidad a equipamientos (salud)	5,56	5,56	16,67	33,33	11,11	0	5,56	11,11	0	33,33	0	55,56	0	50
Accesibilidad a equipamientos (colegios)	69,94	77,99	100,07	97,32	69,81	91,77	76,99	82,03	95,1	93,52	85,76	99,12	77,48	86,8
Accesibilidad a equipamientos (universidades)	8,33	8,33	25	16,67	0	0	8,33	41,67	0	25	8,33	75	0	75
Autocontención	12,14	18,26	38,29	22,41	10,83	37,63	20,12	25,17	5,97	7,82	11,12	6,23	23,26	91,04
Tasa de movilidad	2,03	1,85	2,05	2,33	1,8	2,42	2,18	2,59	2	2,1	1,84	1,8	2,18	2,11
Accesibilidad al transporte público local (oferta)	77,96	71,22	100	99,33	87,28	94,98	92,63	94,35	96,44	99,63	92,18	99,6	84,21	93,54
Accesibilidad al transporte (demanda)	79,29	76,23	59,75	38,49	72,69	61,35	76,7	73,42	48,91	58,54	70,13	54,44	92,56	67,7
Participación del transporte público en los viajes totales	33,27	24,11	29,37	25,4	29,73	23,26	36,19	29,21	40,92	23,19	21,94	25,1	33,99	25,91
Nivel de emisiones de material particulado fino por viaje	0,0282	0,02	0,0247	0,0194	0,0279	0,024	0,0578	0,0281	0,0314	0,017	0,0215	0,0279	0,0331	0,03
Tiempo de viaje en viajes obligatorios	25,82	23	19,86	21,49	29,6	26,88	25,16	22,27	27,94	25,41	25,54	29,6	38,3	27,11
Calidad del transporte público	3,93	4,31	4,11	4,58	3,98	4,3	4,45	3,93	4,83	4,18	4,43	3,98	NA	4,32
Calidad del entorno urbano	4,29	4,03	3,21	4,19	3,93	4,36	3,76	4,16	3,97	4,09	3,99	3,93	NA	3,92
Infraestructura para uso de bicicleta	12,8	4,33	32,28	13,25	0	4,99	0	31,36	0	1,67	7,88	0	0	7,79
Participación de modos no motorizados en los viajes totales	26,94	43,78	36,68	31,4	32,59	24,83	17,74	20,3	29,82	35,84	46,86	43,39	30,44	32,74
Exposición personal a material particulado fino en transporte	68,57	56,88	63,8	55,11	74,08	60,52	150,09	73,49	72,43	56,97	60,08	74,08	82,12	100,69
Nivel de emisiones de dióxido de carbono equivalente por viaje	317,49	217,99	251,22	258	247,32	316,92	623,55	389,48	221,94	222,83	214,34	344,82	308,78	403,92

Tabla 4 Etiquetas para evaluación comprensiva difusa en Manizales.

Movilidad Sostenible																						
No.	Min	Máx	Etiquetas (Labels)																			
			Muy Malo				Malo				Regular				Bueno				Muy Bueno			
			a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d
1	0	100,00	-1,00	0,00	10,00	20,00	10,00	20,00	35,00	40,00	35,00	40,00	50,00	60,00	50,00	60,00	70,00	80,00	70,00	80,00	100,00	100,00
2	0	100,00	-1,00	0,00	8,33	10,00	8,33	10,00	19,44	25,00	19,44	25,00	40,74	50,00	40,74	50,00	65,12	75,00	65,12	75,00	101,00	101,00
3	0	100,00	-1,00	0,00	10,00	20,00	10,00	20,00	35,00	40,00	35,00	40,00	50,00	60,00	50,00	60,00	70,00	80,00	70,00	80,00	100,00	100,00
4	0	100,00	-1,00	0,00	6,67	10,00	6,67	10,00	22,78	30,00	22,78	30,00	35,46	40,00	35,46	40,00	63,69	76,67	63,69	76,67	100,00	100,00
5	0,1	2,76	-1,00	0,00	1,50	1,73	1,50	1,73	1,83	1,93	1,83	1,93	2,05	2,11	2,05	2,11	2,15	2,19	2,15	2,19	2,76	2,76
6	0	100,00	-1,00	0,00	20,00	30,00	20,00	30,00	38,33	45,00	38,33	45,00	56,11	63,33	56,11	63,33	74,35	81,67	74,35	81,67	100,00	101,00
7	10	1000,00	400,00	500,00	1000,00	1000,00	175,00	250,00	400,00	500,00	75,00	100,00	175,00	250,00	40,00	50,00	75,00	100,00	-1,00	0,00	40,00	50,00
8	0	100,00	-1,00	0,00	20,00	30,00	25,00	31,67	38,33	45,00	41,67	48,89	56,11	63,33	59,72	67,04	74,35	81,67	78,01	85,34	100,00	100,00
9	0	0,30	0,16	0,21	0,30	0,31	0,09	0,12	0,16	0,20	0,06	0,07	0,09	0,10	0,03	0,05	0,06	0,08	-1,00	0,00	0,03	0,05
10	0	1,00	-1,00	0,00	0,17	0,25	0,17	0,25	0,40	0,50	0,40	0,50	0,55	0,60	0,55	0,60	0,73	0,80	0,73	0,80	1,00	1,00
11	0	2,50	0,12	0,18	0,30	0,30	0,05	0,09	0,12	0,18	0,01	0,03	0,05	0,09	0,00	0,01	0,01	0,03	-1,00	0,00	0,00	0,01
12	0	117,00	77,41	90,60	117,00	117,00	52,22	64,81	77,41	90,60	36,67	44,44	52,22	64,81	20,00	28,33	36,67	44,44	-1,00	0,00	20,00	28,33
13	1	5,00	-1,00	0,00	1,07	1,10	1,07	1,10	1,69	2,00	1,69	2,00	2,62	3,00	2,62	3,00	3,60	4,00	3,60	4,00	5,00	5,00
14	1	5,00	-1,00	0,00	1,07	1,10	1,07	1,10	1,69	2,00	1,69	2,00	2,62	3,00	2,62	3,00	3,60	4,00	3,60	4,00	5,00	5,00
15	0	100,00	-1,00	0,00	5,00	7,50	5,00	7,50	12,08	15,00	12,08	15,00	16,74	18,33	16,74	18,33	20,29	21,67	20,29	21,67	100,00	100,00
16	0	1,00	-1,00	0,00	0,09	0,13	0,09	0,13	0,21	0,26	0,21	0,26	0,34	0,40	0,34	0,40	0,59	0,70	0,59	0,70	1,00	1,00
17	0	429,38	56,65	147,86	430,00	430,00	38,58	47,61	56,65	147,86	21,89	30,24	38,58	47,61	9,38	15,64	21,89	30,24	-1,00	0,00	9,38	15,64
18	0	5390,28	3840,90	4357,36	5390,28	5390,28	1757,70	2799,30	3840,90	4357,36	390,60	1074,15	1757,70	2799,30	156,24	273,42	390,60	1074,15	-1,00	0,00	156,24	273,42

En la Tabla 5 se presentan los resultados de la evaluación comprensiva difusa, para los indicadores antes calculados, según su pertinencia más alta entre las etiquetas lingüísticas. En este caso, la escala de color está relacionada de la siguiente manera: “Muy Malo” como Rojo, “Malo” como amarillo, “Regular” como gris, “Bueno” como verde claro y “Muy Bueno” como verde oscuro. Como se puede observar, al realizar la evaluación comprensiva difusa, muchos de los indicadores no alcanzan a tener etiquetas lingüísticas de “Muy Buena”, a pesar de que la comparación entre comunas algunas salían mejor calificadas que otras. Este caso sucede con los indicadores de condición de accesibilidad a nodos salud y nodos universidades, donde 8 Comunas poseen etiquetas lingüísticas “Muy Malo” y tres de ellas, “Malo”. En el caso contrario, se observa cómo algunos indicadores poseen en su gran mayoría etiquetas de “Muy Bueno”, tal como se aprecia en los indicadores de condición de accesibilidad a colegios, condición de accesibilidad al transporte público local (oferta), satisfacción con el transporte público y el entorno urbano.

Tabla 5 Resultados de indicadores por Comuna evaluados por metodología comprensiva difusa.

Indicadores	Comuna													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Villamaría	Ciudad
Accesibilidad a equipamientos (salud)	Muy Malo	Muy Malo	Malo	Malo	Muy Malo	Muy Malo	Muy Malo	Muy Malo	Muy Malo	Malo	Muy Malo	Bueno	Muy Malo	Regular
Accesibilidad a equipamientos (colegios)	Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno
Accesibilidad a equipamientos (universidades)	Muy Malo	Muy Malo	Malo	Malo	Muy Malo	Muy Malo	Muy Malo	Regular	Muy Malo	Malo	Muy Malo	Bueno	Muy Malo	Muy Malo
Autocontención	Malo	Malo	Bueno	Malo	Malo	Regular	Malo	Malo	Muy Malo	Muy Malo	Malo	Muy Malo	Malo	Muy Bueno
Tasa de movilidad	Regular	Malo	Regular	Muy Bueno	Malo	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Regular	Bueno	Malo	Malo	Muy Bueno	Bueno
Accesibilidad al transporte público local (oferta)	Bueno	Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno
Accesibilidad al transporte (demanda)	Bueno	Bueno	Bueno	Muy Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Regular	Bueno
Participación del transporte público en los viajes totales	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo
Nivel de emisiones de material particulado fino por viaje	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Bueno	Regular	Regular	Regular	Regular
Tiempo de viaje en viajes obligatorios	Bueno	Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Muy Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Calidad del transporte público	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	N.A.	Muy Bueno
Calidad del entorno urbano	Muy Bueno	Muy Bueno	Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	N.A.	Muy Bueno
Infraestructura para uso de bicicleta	Malo	Malo	Muy Bueno	Malo	Muy Malo	Muy Malo	Muy Malo	Muy Bueno	Muy Malo	Muy Malo	Malo	Muy Malo	Muy Malo	Malo
Participación de modos no motorizados en los viajes totales	Regular	Bueno	Regular	Regular	Regular	Regular	Malo	Malo	Regular	Regular	Bueno	Bueno	Regular	Regular
Exposición personal a material particulado fino en transporte	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo	Muy Malo	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo
Nivel de emisiones de dióxido de carbono equivalente por viaje	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno

2.3. Evaluación por etapas

Por último, en la Tabla 6, se presentan los resultados de la evaluación por etapas de los distintos indicadores evaluados en las comunas de Manizales. En la etapa 1, “Transporte consistente con mitigación y adaptación al cambio climático”, se usaron 8 indicadores (Accesibilidad a salud, universidades, colegios, transporte público local (oferta y demanda), autocontención de empleo, tasa de movilidad y participación del transporte público en los viajes totales), excluyendo los no calculados (Accesibilidad al transporte público masivo y Asequibilidad al transporte), por lo que los pesos de cada indicador se establecieron en 12,5%. Como resultado, la Comuna 4 es la que mejor indicador final obtuvo, seguida por las Comunas 8 y 3. La comuna 3 y 8 son los centros atractores de viajes dado que el centro histórico y el cable se ubican en ellas, mientras que la comuna 4 es vecina de la comuna 3 (centro histórico) y se ubica sobre la Avenida Santander la cual comunica la comuna 3 y 8 directamente. Por otro lado, Villamaría fue la que tuvo el indicador más bajo teniendo en cuenta esta etapa.

En la etapa 2, “Calidad de vida como prioridad”, se añadió el indicador nivel de emisiones de material particulado fino por viaje, actualizando los pesos a 11,11% por indicador y obteniendo resultados idénticos a los obtenidos en la Etapa 1 respecto a las Comunas que tuvieron mejor y peor comportamiento. En la Etapa 3, “Oferta de transporte de buena calidad”, se añadieron tres indicadores (tiempo de viaje en viajes obligatorios, calidad del transporte público y el entorno urbano (satisfacción en nuestro caso)), actualizando los pesos a 7,67% por indicador. Como resultado, la Comuna 8 obtuvo el mejor comportamiento, mientras que Villamaría continúa con el peor comportamiento. Para la Etapa 4, “Planeación visión cero”, se añaden dos indicadores (Participación de modos no motorizados en los viajes totales y exposición personal a material particulado fino en transporte), actualizando los pesos a 6,67% por indicador. La Comuna con mejor registro volvió a ser la Comuna 4, mientras que la Comuna 2 resultó ser la peor calificada. Es interesante observar cómo Villamaría, a medida que avanzamos en la adición de indicadores se va modificando y sale de los peores puestos. Para la Etapa 5, “Acceso universal a los servicios que ofrece la ciudad”, se añade el indicador de emisiones de dióxido de carbono equivalente por viaje y se actualizan los pesos a 6,25% por indicador. En este caso, la Comuna 4 continúa siendo la mejor calificada y la Comuna 2 la peor calificada.

Finalmente, según la evaluación comprensiva difusa por etapas, la Comuna 4 es la que se comporta de mejor manera a nivel general y la Comuna 2 es la que peores indicadores registra. Cercano a los resultados obtenidos para la Comuna 4, se encuentran la Comuna 3 ubicada en el centro histórico (Polo económico de la ciudad de mayor importancia) y la Comuna 8 ubicada cerca al sector del cable (segundo polo económico de la ciudad). Por otro lado, cercano a los resultados de la Comuna 2, se encuentran la Comuna 9 ubicada en la parte sur de la Comuna 8, la Comuna 5 ubicada en la parte norte de la Comuna 4 y la Comuna 1, comuna periférica, pero de buen nivel socioeconómico. Esto muestra un patrón importante en las comunas al existir resultados entre comunas vecinas que se contrastan, generando una tensión interesante que podría equilibrarse a partir de la planificación más adecuada del transporte.

Tabla 6 Resultados finales evaluación comprensiva difusa por etapas.

Indicadores	Comuna													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Villamaría	Ciudad
Transporte consistente con mitigación y adaptación al cambio climático	53,58	54,37	65,76	69,30	50,70	55,74	51,92	66,54	50,05	57,98	55,83	57,32	47,78	66,11
Calidad de vida como prioridad	52,33	52,89	63,46	65,61	49,95	56,14	52,07	64,80	50,22	56,79	54,83	56,99	47,85	64,69
Oferta de transporte de buena calidad	53,96	53,50	65,29	66,98	51,30	56,78	55,79	68,11	51,11	57,97	55,92	59,04	49,26	67,79
Planeación visión cero	44,62	44,45	55,74	62,07	45,31	54,76	53,44	59,65	46,03	53,16	47,35	57,13	53,69	66,78
Acceso universal a los servicios que ofrece la ciudad	44,79	43,85	56,55	62,83	45,31	54,86	53,59	60,69	45,65	53,09	46,89	57,50	53,50	69,98

3. Transferencia Barranquilla

3.1. Descripción del caso de estudio

3.1.1. El Distrito Especial, Industrial y Portuario de Barranquilla

El Distrito Especial, Industrial y Portuario de Barranquilla es la capital del departamento del Atlántico, ubicado en el vértice nororiental del departamento, sobre la orilla occidental del río Magdalena, a 7,5 km de su desembocadura sobre el mar Caribe. Además del Río Magdalena, la ciudad está bañada al Norte, precisamente, por la Ciénaga de Mallorquín y por el Mar Atlántico.

Barranquilla es considerada la ciudad más importante del Caribe colombiano con una población, según el Censo de 2018, de 1.206.319 habitantes y representa un aporte a la producción de bienes y servicios, siendo el principal centro económico de la Región Caribe de Colombia, dada su actividad comercial, de servicios e industrial.

3.1.2. La Ciénaga de Mallorquín: Estructura Ecológica Principal del Distrito de Barranquilla

La Ciénaga de Mallorquín se encuentra ubicada en el extremo norte de la ciudad de Barranquilla, sobre la margen izquierda de la desembocadura del río Magdalena (Bocas de Ceniza), hace parte de la cuenca del río Magdalena y del Sistema Delta Estuarino del Río Magdalena - Ciénaga Grande de Santa Marta, un sistema estuarino costero con 20 lagunas de salinidad variable, con varios ríos que atraviesan el área y extensas zonas de manglares. El sitio es importante por su ecosistema de manglares, que es el más grande de la costa caribeña de Colombia, también sirve como hábitat y lugar de reproducción invernal para varias especies de aves, tiene al menos dos especies de aves endémicas y también es un lugar de desove para muchas especies de peces.

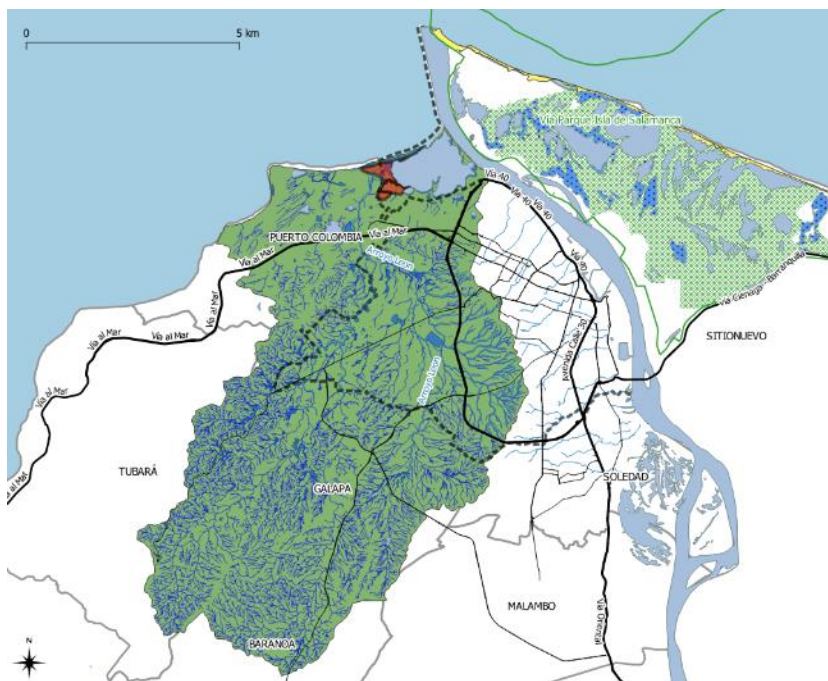


Figura 6. Cuenca de la Ciénaga de Mallorquín.

Fuente: Corporación Autónoma Regional del Atlántico-CRA, 2015, OSM 2020, Polígono propuesto por la Universidad del Norte (en rojo)

Los centros urbanos de Barranquilla y Puerto Colombia se encuentran junto a la ciénaga, particularmente los barrios Eduardo Santos - La Playa y Las Flores (pertenecientes a Barranquilla), ubicados en los costados suroriental y suroccidente de esta. En la Ciénaga Mallorquín confluyen aguas de la propia cuenca de la ciénaga, del río Magdalena y del Mar Caribe. La cuenca de la ciénaga drena aproximadamente 296 km² (incluyendo la misma ciénaga que tiene 7 km²) en los territorios de los municipios de Barranquilla, Puerto Colombia, Tubará, Baranoa, Galapa, Malambo y Soledad.

Alrededor de 30.000 habitantes de La Playa dependen económicamente de recursos pesqueros, agrícolas y madereros de la Ciénaga, lo cual ha generado una fuerte tendencia a la invasión sobre sus orillas, en términos de construcción de viviendas informales, puertos para embarcaciones pequeñas y demás infraestructuras construidas principalmente con basuras y arenas. Además, estos asentamientos son, en su gran mayoría, invasiones que no poseen infraestructura de servicios, particularmente de saneamiento básico (acueducto y alcantarillado) por lo que se produce un vertimiento constante de aguas servidas, lo cual aumenta los niveles de contaminación de la Ciénaga.

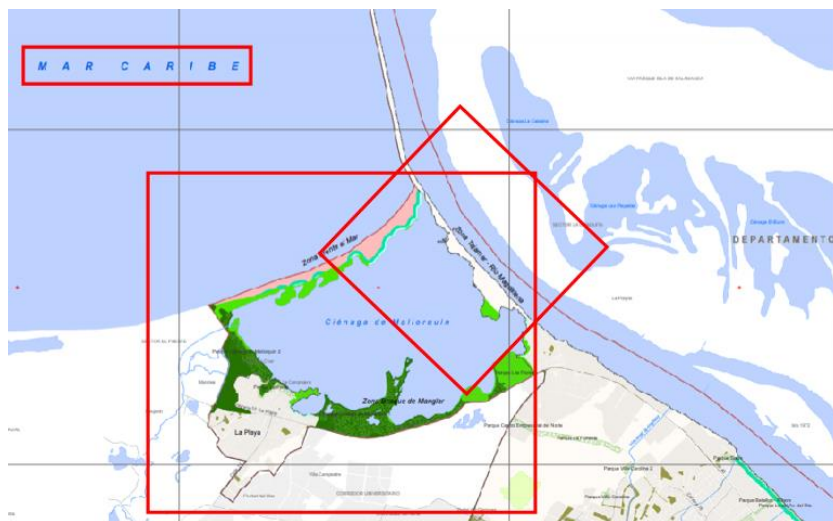


Figura 7. Ciénaga de Mallorquín.

Fuente: Tomado del Plan de Ordenamiento Territorial de Barranquilla – Decreto 0212 de 2014. Plano G6: Estructura Ecológica Principal

En 1935 se construyeron en la Ciénaga de Mallorquín tajamares que cambiaron su comportamiento al de laguna costera (humedal). Al ser un ecosistema de manglar, playas arenosas y fondos lodosos, brinda servicios ecosistémicos de aprovisionamiento a través de recursos hidrobiológicos (como peces, cangrejos, ostras, chipi chipi y caracol), de regulación mediante las funciones ecológicas de los manglares y servicios culturales asociados a los modos de vida de los pescadores y al disfrute estético de la Ciénaga, entre otros. Actualmente el espejo de agua cubre una extensión de unos 6,95 km² y profundidad promedio de un metro. A pesar de su importancia ecosistémica, paisajística, de sumidero y de regulación climática, se encuentra en una zona en la que se proyectan y adelantan proyectos urbanísticos y de infraestructura. La Ciénaga se encuentra en la conurbación Barranquilla – Puerto Colombia en donde hay dos visiones encontradas y antagónicas en relación el desarrollo de la zona, pero que mantienen en común una intervención, por distintas vías:

Barranquilla ha pensado, por una parte, en la recuperación del ecosistema para promover el ecoturismo o algún tipo de desarrollo con restricciones (todo esto al interior de importantes visiones de desarrollo urbano sostenible como: Diamante Caribe y Santanderes, Ciudades Sostenibles y Competitivas y, más recientemente, Barranquilla como Biodiversidad), pero, al mismo tiempo mantiene la posibilidad de construir obras de infraestructura vial, como la que conectaría la ciudad con el Proyecto del Súper Puerto de Aguas Profundas, ubicado sobre el tajamar nororiental, ya en el mar caribe. Además de proyectos de interés nacional (PINES) como la vía denominada “Circunvalar de la Prosperidad” que pasará en su trazado, ya bastante adelantado, a un costado de la Ciénaga, para conectar los polígonos industriales de Galapa, Malambo y la zona oriental del Departamento del Atlántico con los Puertos en la margen izquierda del Río Magdalena y zonas francas.

Como se mencionó, los centros urbanos de Barranquilla y Puerto Colombia se encuentran junto a la ciénaga, en particular, el Corregimiento de La Playa¹ y el barrio Las Flores (pertenecientes a Barranquilla), los cuales, están ubicados en su costado suroriente y suroccidente.



Figura 10. Embarcaderos artesanales sobre la Ciénaga de Mallorquín. Fuente: Tomado del archivo de fotos de la Investigación sobre la precariedad en el Barrio Las Flores de Barranquilla. 2018 (Velásquez – Briceño)



Figura 11. Viviendas sobre la Ciénaga. Fuente: Tomado del archivo de fotos de la Investigación sobre la precariedad en el Barrio Las Flores de Barranquilla. 2018 (Velásquez – Briceño)



Figura 12. Viviendas sobre la Ciénaga. Fuente: Tomado del archivo de fotos de la Investigación sobre la precariedad en el Barrio Las Flores de Barranquilla. 2018 (Velásquez – Briceño)

Recientemente se ha venido reflexionando sobre las alternativas para la restauración y conservación de este ecosistema al tiempo que se puedan ofrecer fórmulas para la generación de ingresos a las familias que dependen de este ecosistema, por ejemplo, a través de proyectos sostenibles de turismo y recreación. Dos de esos proyectos propuestos son el “Ecoparque Ciénaga de Mallorquín” y el “tren turístico Las Flores – Bocas de Ceniza” que conectaría a la ciudad con la ciénaga y con la Playa de Puerto Mocho, ubicada en el tajar occidental de la ciudad en la desembocadura del Río Magdalena. Como se ve, muchas cosas se

¹ A pesar de que el Corregimiento La Playa está en suelo del Municipio de Puerto Colombia, se encuentra cobijado por la figura del Centro Poblado (art. 31 Ley 388 de 1997) como suelo urbano del Distrito de Barranquilla. Esta exótica situación se originó como consecuencia de la indefinición de los límites del Distrito de Barranquilla, situación que lleva ya 27 años, cuando el municipio de Barranquilla fue erigido en Distrito Especial, Industrial y Portuario. Lo más curioso de todo es que Barranquilla y Puerto Colombia hacen parte de la misma Área Metropolitana (de Barranquilla), el primero como municipio núcleo y el segundo como municipio satélite del área y, aun así, no han podido fijar sus límites, lo cual da a entender que mucha coordinación en relación con su desarrollo territorial, no hay.

proyectan en la zona de influencia de la Ciénaga, no solo al interior del ecosistema, sino también en las zonas contiguas y aledañas, muchas de ellas, además, con fines o propósitos contradictorios o que implican esfuerzos en sentidos contrarios.

3.1.3. El Corregimiento (Barrio) Eduardo Santos – La Playa y la Ciudadela Adelita de Char

El Corregimiento (Barrio) Eduardo Santos - La Playa se encuentra situado a 7 km al noroccidente del Distrito de Barranquilla, edificado sobre un terreno plano, de condición variable y fangosa, el cual limita al norte con la Ciénaga de Mallorquín, al sur con canteras para la extracción de material de construcción (El Triunfo y Montes Densos), al oeste con el kilómetro 7 de la antigua Vía al Mar (donde hoy se encuentra el Corredor Universitario) y al este, con socavones generados por las explotaciones de cantera que se han dado en la zona. La Playa fue, en origen, un corregimiento perteneciente al municipio de Puerto Colombia, cuyos antecedentes se remontan a principios del siglo XX llamándose originalmente "La Playa" y cambiando, posteriormente a Eduardo Santos, en honor al expresidente del mismo nombre que visitó la zona.

De acuerdo con Rengifo (2005), en la década de los cincuenta aumentó la migración a las ciudades debido a la intensificación de los conflictos partidistas (liberales y conservadores) que se disputaban el poder. A lo anterior, se le sumaron los problemas de violencia y falta de oportunidades en las zonas rurales, apareciendo diversos grupos guerrilleros, inicialmente, en zonas montañosas y apartadas y luego en distintos rincones del país, lo cual acentuó el desplazamiento hacia las ciudades. Precisamente, el Barrio La Playa es consecuencia del poblamiento de centenas de personas desplazadas quienes ocuparon con invasiones y asentamientos precarios, gran parte de su extensión. Desde los 70 del siglo las olas migratorias fueron conformando un asentamiento en el que se combinan, hasta hoy, zonas formales junto a construcciones con materiales de todo tipo. Fue a través de la modificación de la Constitución de 1991, por medio del Acto Legislativo 01 de 1993, que La Playa pasó de ser parte del municipio de Puerto Colombia a convertirse en corregimiento del Distrito Especial Industrial y Portuario de Barranquilla.

Tradicional e históricamente, los habitantes de La Playa se dedicaron a la pesca, agricultura minoritaria y corte de leña, actividades que hoy se siguen realizando, pero con una notoria merma en su productividad. De manera principal, la población del barrio está dedicada al comercio, debido a la conformación de una zona económica semiformal en la cual destacan la compraventa de productos manufacturados, ropa y comida. En parte la merma de las actividades tradicionales vino como consecuencia de distintos proyectos urbanísticos llevados a cabo en la zona, ya que, a pesar de ser un corregimiento y, por tanto, suelo rural del distrito de Barranquilla, su clasificación como Centro Poblado, de conformidad con el Art. 31 de la Ley 388 de 1997, permite adelantar las actuaciones de urbanización y construcción en su interior.

Uno de los proyectos realizados, la Urbanización Adelita de Char (Figura 13, Figura 14), cuenta hoy con cinco etapas proyectadas. Para realizar este proyecto se intervino un importante tramo del Arroyo León, con lo que se hizo perder fluidez el agua y oxigenación provocando, junto al dragado de la Ciénaga de Mallorquín realizado para el proyecto de un Superpuerto de Aguas Profundas en el tajamar occidental del canal de acceso a Barranquilla, una mortandad de peces y animales locales, y acelerando la deforestación de manglares que ya venía avanzada debido a la inadecuada actividad humana y destruyendo casi por completo el turismo y la pesca en la zona.



*Figura 13. Urbanización Adelita de Char.
Fuente: Google Earth, 2020*



*Figura 14. Urbanización Adelita de Char.
Fuente: Google Earth, 2020*

La ciudadela Adelita de Char está edificada en un terreno plano y cenagoso cerca de la Ciénaga de Mallorquín y la desembocadura del Río Magdalena. Es una microciudad de 5.000 unidades de vivienda, de las cuales 1.300 casas están terminadas y de éstas 700 están habitadas, está dividida en cinco etapas, constituidas por manzanas rectangulares, el entorno construido es de alta densidad, con edificios en bloque con altura promedio de 5 metros.

La primera etapa de esta urbanización está conformada en la zona tradicional del barrio, por 17 manzanas rectangulares de aproximadamente 82 m. de largo por 19 de ancho, con andenes de 1.4 m. y zonas de antejardín de 1.2 m; cada manzana contiene 28 viviendas pareadas. La etapa 1 está limitada por dos vías importantes, ejes viales caracterizados por un bajo tráfico vehicular y constante a lo largo del día. El sector cuenta con una superficie altamente pavimentada y poco arborizada con topografía de muy baja pendiente. Las zonas circundantes, son espacios densamente construidos con viviendas de uno y dos pisos, los cuales fueron obtenidos y urbanizados por invasión, sin licencias y, por tanto, sin planificación, ni desarrollo previo.

La zona seleccionada para realizar la modelación con base en la metodología realizada por Uniandes es, precisamente, un polígono que cobija parte de la zona formal de la Urbanización Adelita de Char con asentamientos informales, sin planificación, ni formalización, contiguo a la Ciénaga de Mallorquín al interior del Corregimiento (Barrio) Eduardo Santos -La Playa (Figura 8 y Figura 13). El Polígono seleccionado corresponde a un territorio de 193.9 ha., de las cuales 19.7 ha (10% de la zona de estudio) han tenido un desarrollo urbano planificado, 58.7 ha (30% de la zona de estudio) tuvieron desarrollo urbano no planificado, y 115.6 ha (60%) corresponden a zona rural (Tabla 7).

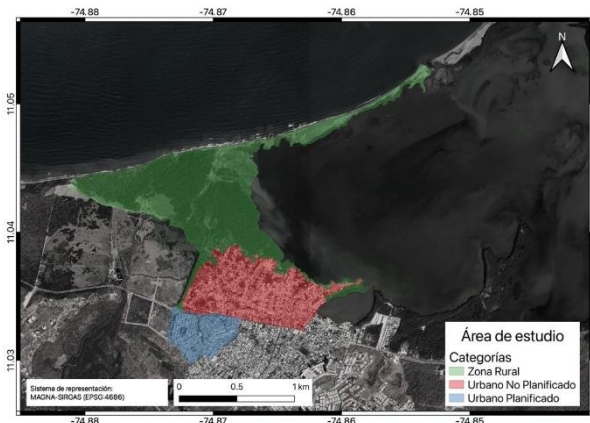


Figura 15. Polígono Seleccionado (1). Fuente: elaboración propia, 2021 con base en Google Earth

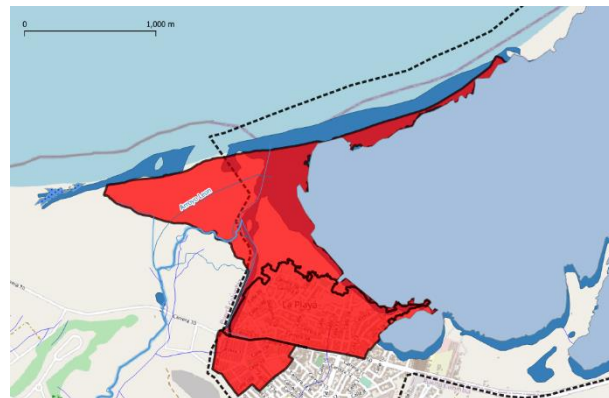


Figura 16. Polígono Seleccionado (2). Fuente: elaboración propia, 2021 con base en Open Street Map y Google Earth

Tabla 7. Descripción del área de estudio: población y extensión.
Fuente: elaboración propia, 2021

Zona	Población (número de habitantes)	Área (m ²)	Área (Ha)
Urbana no planificada	14 835	586 608	58,7
Urbana planificada	8 174	196 962	19,7
Zona rural	0	1 155 561	115,6
TOTAL	23 009	1 939 131	193,9

Tanto la Ciénaga de Mallorquín como las urbanizaciones colindantes mantienen una dinámica compleja dada por el crecimiento de la ciudad y las transformaciones costeras. Al contrastar el desarrollo urbano que se ha dado en el área de estudio con la zonificación de suelos se evidencia que el desarrollo urbano no planificado se ha expandido sobre el suelo rural ocasionando una zona de conflicto del uso del suelo (Figura 14) y de continuar podría poner en riesgo la integridad ecológica del área rural en donde predominan ecosistemas estratégicos como los manglares. Sumado a lo anterior, el litoral de la Ciénaga es altamente dinámico y ha sufrido un proceso de erosión, en donde la barra litoral, que configura el límite norte de la Ciénaga, se ha desplazado en dirección sur a una tasa de 0,14 metros/año entre 1973 y 2016 (Rivillas-Ospina et al., 2017), cambiando la extensión de la Ciénaga y con esto cambiando la extensión y ubicación de las áreas de manglar, cuerpo de agua y otras coberturas asociadas (Figura 15). De hecho, entre los años 2004 y 2019, el espejo de agua perdió 172 hectáreas debido a la dinámica costera y los manglares perdieron 6,7 hectáreas por el crecimiento urbano (Rojas et al., 2019).

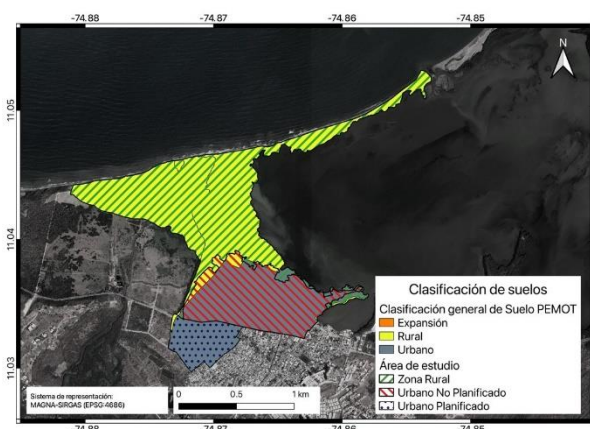


Figura 17. Clasificación general de suelos en el área de estudio. Fuente: Plan estratégico metropolitano de ordenamiento territorial de Barranquilla (PEMOT), y elaboración propia, 2021 con base en Google Earth

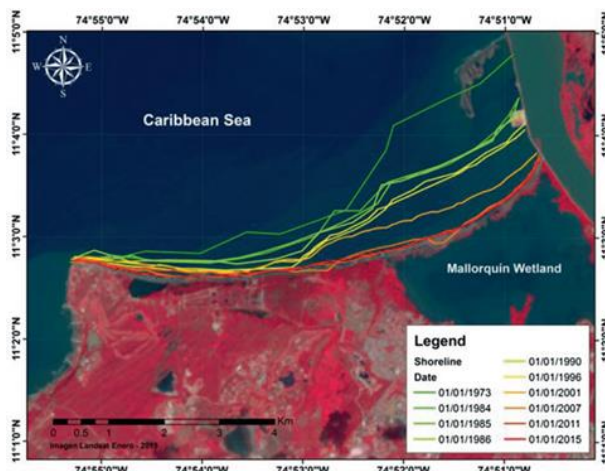


Figura 18. Cambios temporales de la ubicación de la barra de la Ciénaga de Mallorquín entre los años 1973 (línea verde oscuro) y 2016 (línea roja). Fuente: Rivillas-Ospina et al 2018

3.2. Estimación de indicadores para los componentes del modelo en el estudio de caso

A continuación, se presenta la estimación de los indicadores que contaron con información secundaria, así como otros indicadores propuestos, sobre los cuales la Universidad tuviese información para ser modelados. Los resultados obtenidos son los siguientes:

3.2.1. Componente de Ecología Urbana

En relación con el componente de Ecología Urbana, los siguientes indicadores fueron modelados de forma independiente para cada una de las zonas de estudio (Urbano planificado, Urbano no planificado, Zona rural) y de forma global; así mismo, para algunos indicadores se realizaron las estimaciones teniendo en cuenta tanto de forma separada como unificada, cada una de las variables que componen la formulación del indicador.

3.2.1.1. Ciudad con espacio público verde

Área verde pública por habitante.

Objetivo: Este indicador busca realizar un diagnóstico del espacio público verde disponible para cada habitante independientemente de su categoría. Sirve como una aproximación de la disponibilidad de área verde en los desarrollos urbanos.

El indicador fue calculado progresivamente primero teniendo en cuenta los parques, plazoletas y zonas verdes al ser los espacios con mayor vocación social y ecológica por presentar la mayor cobertura vegetal; posteriormente fue incluidas las áreas verdes asociadas al sistema vial; y por último incluyendo los espacios públicos no regularizados.

De forma general, la zona urbana no planificada presenta los menores valores del indicador debido no solo a la mayor cantidad de habitantes de la zona respecto al área planificada, sino también a la carencia de parques, plazoletas y zonas verdes. Los resultados muestran que a medida que se incluyen los diferentes tipos de zonas verdes, el indicador va mejorando, pero nunca llegan al valor propuesto por el artículo 14 del decreto 1504 de 1998 que establece como espacio público verde efectivo mínimo 9 m²/habitante.

Cuando el indicador se calcula teniendo en cuenta solamente los Parques, plazoletas y zonas verdes establecidas en el POT, únicamente la zona urbana planificada cuenta con áreas verdes públicas y su valor es tan solo 1,5 m²/habitante. Al adicionar las áreas verdes asociadas al sistema vial, el indicador aumenta a 2,3 m²/habitante. Es de resaltar que la zona no planificada no cuenta con ningún área verde planificada. Cuando se consideran los espacios públicos no regularizados, el indicador para la zona urbana planificada mejora a 4,1 m²/habitante y para la zona urbana no planificada llega a ser 1,6 m²/habitante.

Los espacios públicos no regularizados en la zona de estudio son áreas que no tienen un uso particular establecido y por lo general no tienen árboles ni una cobertura vegetal desarrollada. En la zona urbana no planificada algunos son utilizados como zonas recreativas donde la comunidad juega fútbol y hace deporte. Estos espacios no regularizados se proyectan como la oportunidad de mejora de la cantidad del espacio público verde para los habitantes en caso de ser regularizados como parques, y de esta manera mejorar el indicador tanto en la zona urbana no planificada como la planificada ya que actualmente corresponden a cerca del 50% de espacio verde público. Sin embargo, en cuanto a la calidad del espacio público verde es de resaltar que los espacios públicos no regularizados carecen de cobertura arbórea y por lo tanto su funcionalidad ecológica es limitada. En el escenario de mejora, deberían ser intervenidos para procesos de siembra de especies de árboles nativos.

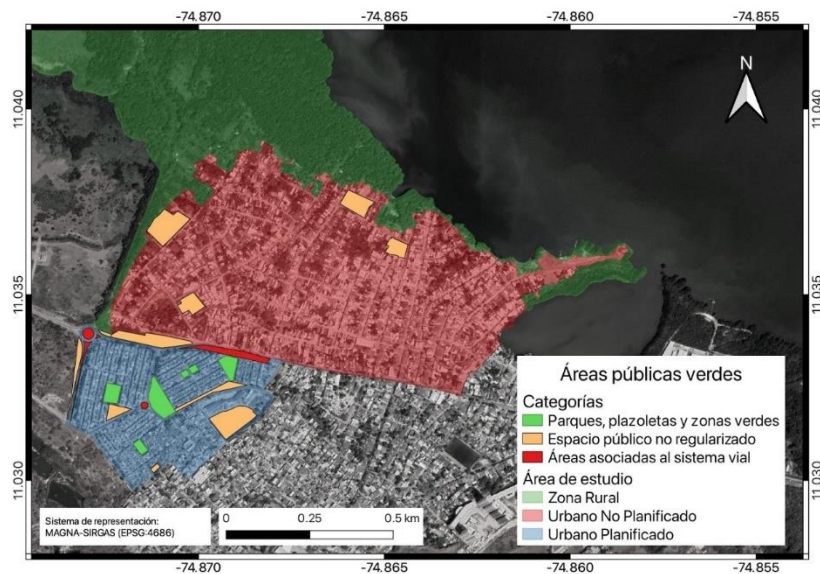


Figura 19. Áreas públicas verdes

3.2.1.2. Ciudad con estructura ecológica principal

Área verde protegida

Objetivo: Este indicador busca determinar la relación entre la disponibilidad de áreas verdes protegidas con respecto al total de áreas verdes.

Para este indicador se contempló la condición actual (escenario actual) en el que, a pesar de haber una delimitación de áreas con alguna figura de protección según el POMCA, en la zona urbana planificada y no planificada no se encuentran áreas públicas verdes efectivamente protegidas. Únicamente en la zona rural, se encontró que el 85,8% corresponde a áreas que se encuentran con alguna categoría protección contemplada en el POMCA de la Ciénaga de Mallorquín. Al espacializar las áreas protegidas de este

instrumento de planificación se encontró que, tanto en el área urbana planificada como no planificada, la ciudad ha crecido sobre suelo protegido. Es decir que no se ha respetado la zonificación ambiental de la Ciénaga, constituyéndose un conflicto por el crecimiento urbano sobre áreas importantes para la protección y recuperación de los ecosistemas estratégicos.

Además de la expansión urbana sobre áreas con alguna figura de protección, del total del área pública verde, el 52,4% debería estar protegido en la zona urbana no planificada, y el 60,9% en la zona urbana planificada. Esto se puede interpretar como la opción de mejora a la que se podría llegar si la norma se cumpliera y si se establecieran estrategias o bien de reubicación de viviendas o estrategias de preservación y mejora de calidad ambiental de otras áreas verdes o espacios públicos no regularizados dentro de las áreas urbanas como una posible compensación.

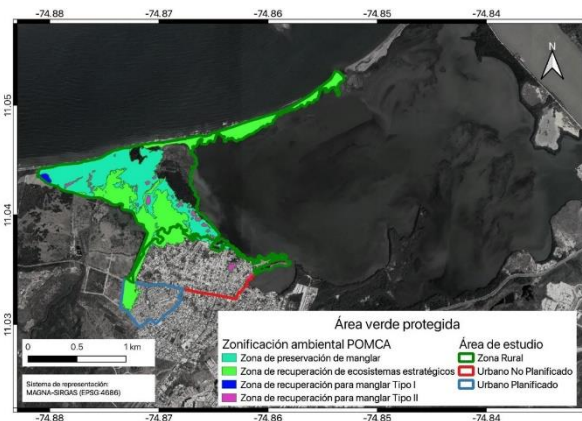


Figura 20. Área verde protegida por categorías establecidas en la zonificación ambiental del POMCA

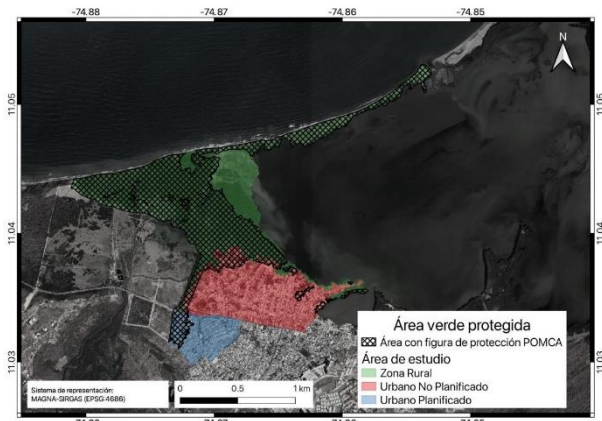


Figura 21. Área verde protegida sumando las categorías establecidas en la zonificación ambiental del POMCA

3.2.1.3. Ciudad con estructura ecológica integral

Área espacios públicos infraestructura verde por habitante

Objetivo: Este indicador busca realizar un diagnóstico del espacio verde de infraestructura pública disponible para cada habitante.

El indicador de Área espacios públicos infraestructura verde por habitante cuando es estimado utilizando únicamente las áreas de Parques, plazoletas y zonas verdes establecidas en el POT es de 1,5 m²/habitante para la zona urbana planificada y 0 m²/habitante en la zona urbana no planificada. Valores muy inferiores al establecido como mínimo en el decreto 1504 de 1998. Cuando se tiene en cuenta además el espacio público no regularizado, el indicador aumenta a 3,3 m²/habitante en la zona urbana planificada y 1,6 m²/habitante en la zona urbana no planificada, evidenciando la importancia de estos espacios como oportunidad de mejora en el establecimiento formal de espacio público verde para el disfrute de la población.

Sin embargo, aunque estos espacios no regularizados se regularizaran y re-naturalizaran (por ejemplo, con la siembra de especies nativas) para transformarse en espacio público con infraestructura verde, no serían suficientes para llegar al valor mínimo sugerido de 9 m²/habitante. Haciendo necesario considerar adicionalmente otras alternativas, como puede ser reglamentar dentro de las áreas de protección usos compatibles con la conservación y que permitan el disfrute social de las áreas protegidas, sin poner en peligro la integridad ecológica.

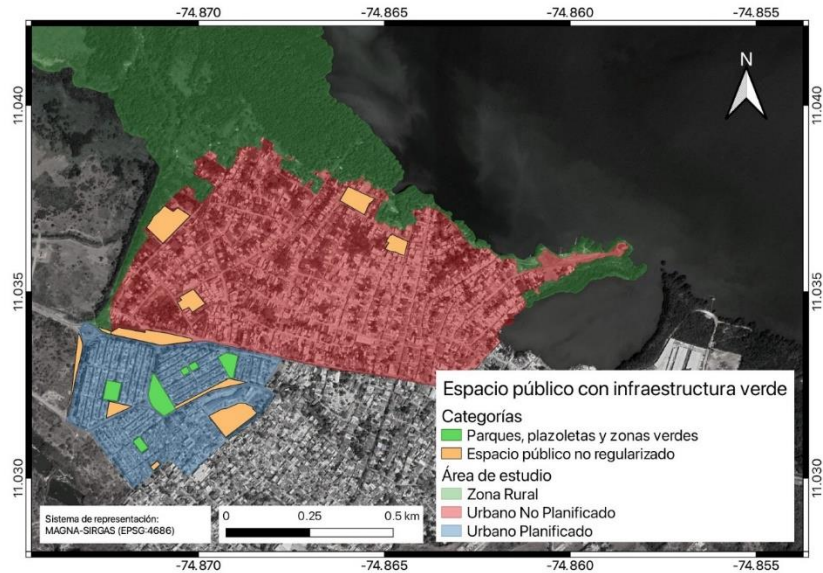


Figura 22. Espacio público con infraestructura verde

3.2.1.4. Ciudad con funcionalidad social y ecológica

Área de espacios verdes privados.

Objetivo: Este indicador busca aproximarse a la oferta de funciones ecológicas prestadas por los espacios verdes privados y a la cantidad de éstos respecto a la totalidad del área verde urbana. Se enfoca más a una disponibilidad de espacios complementarios donde se pueden llevar a cabo medidas de renaturalización y conectividad.

Las áreas verdes privadas pueden verse como un complemento a las áreas verdes públicas para alcanzar una funcionalidad ecológica y social. Llama la atención la inexistencia de las áreas verdes privadas en la zona urbana planificada, limitando dicha complementariedad a los espacios públicos. A pesar de que en la zona urbana no planificada faltan procesos de regularización y normalización de la propiedad, muchos de los espacios verdes tienen cercas y muros que hace que estos espacios se consoliden como espacios privados verdes por apropiación.; Estos espacios verdes privados en la zona urbana no planificada corresponden al 70% del total del área verde urbana por lo que se puede pensar que contribuyen de una manera sustancial a la funcionalidad ecológica, pero dado su carácter de uso privado la funcionalidad social se encuentra fuertemente limitada.

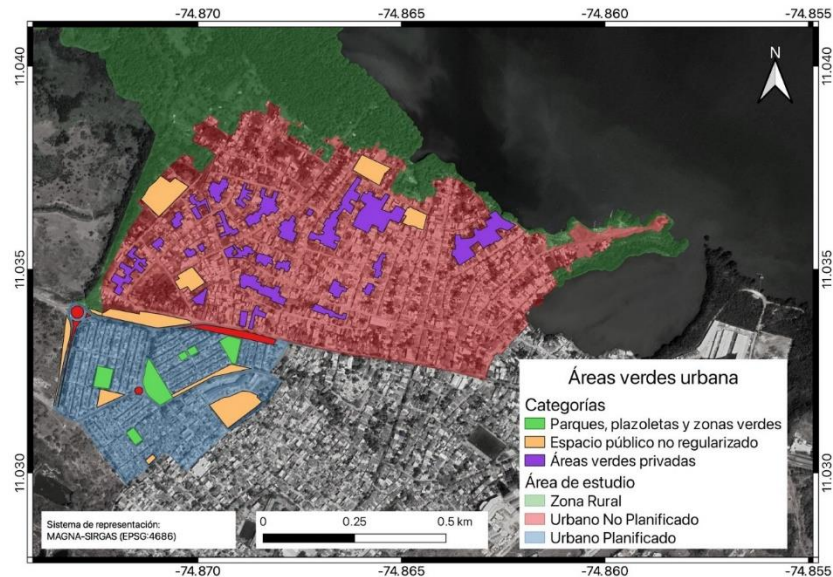


Figura 23. Áreas verdes urbanas

Accesibilidad Social

Objetivo: Este indicador propone identificar si la ubicación de los espacios verdes garantiza la accesibilidad de manera equitativa de la población a parques zonales y metropolitanos.

La evaluación de la accesibilidad social a los espacios públicos urbanos se estimó usando los parques zonales; es de resaltar que este tipo de espacios verde solo se encuentran dentro de la zona urbana planificada. A pesar de que el modelo establece que para la evaluación de la accesibilidad social a los parques zonales se realiza usando un buffer con un radio de 300m alrededor de estos, el indicador fue estimado con dos distancias diferentes: 100 y 300m. La evaluación de 100m se realiza teniendo en cuenta que la naturaleza de los dos tipos de urbanización (planificado y no planificado) además de la existencia de vías principales que las separan pueden suponer una barrera a la accesibilidad social independientemente de la cercanía.

Para el primer escenario (accesibilidad se evalúa con un buffer de 100m) el 82% del área urbana planificada tiene acceso a los parques zonales y solo el 5% del área no planificada tiene acceso. Para el segundo escenario (accesibilidad evaluada con un buffer de 300m) la totalidad de la zona urbana planificada tiene acceso a los parques zonales, y para la zona no planificada solo el 45% del área.

La baja accesibilidad de la zona urbana no planificada a los parques zonales reafirma la importancia de las áreas públicas no regularizadas y las áreas privadas verdes como espacios que incrementarían la funcionalidad social del área de estudio en caso de ser regularizados como espacio público verde, en particular como parques zonales que puedan además de contribuir con la funcionalidad social también con la ecológica.

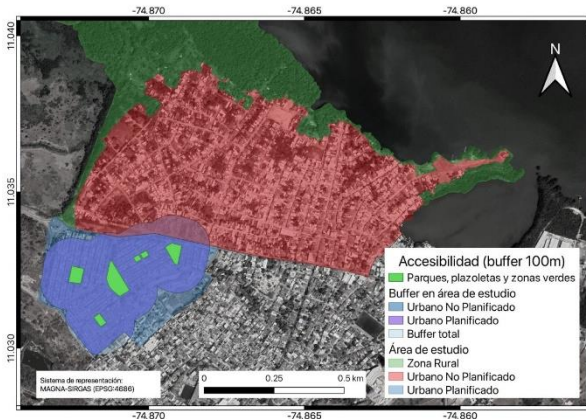


Figura 24. Accesibilidad con buffer de 100 m

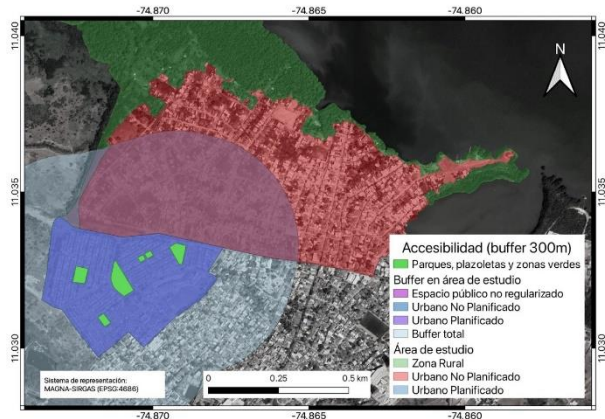


Figura 25. Accesibilidad con buffer de 300 m

Índice de Naturalidad

Objetivo: Establecer el porcentaje de áreas duras dentro de las áreas verdes para determinar el porcentaje que puede tener cobertura vegetal.

El índice de naturalidad muestra que el espacio público verde existente en la zona urbana no planificada es totalmente duro, siendo 0% el valor del índice, principalmente porque la totalidad corresponde espacios públicos no regularizados que se encuentran desprovistos de cobertura vegetal. En contraste la zona rural muestra un índice de naturalidad del 100%, resaltándose su importancia ecológica y su papel fundamental para la prestación de servicios ecosistémicos de regulación. En cuanto a la zona urbana planificada el índice tiene un valor de 92,9% reflejando la cantidad de cobertura vegetal que tienen los parques, plazoletas y zonas verdes. Sin embargo, el índice no integra información sobre la calidad de dicha cobertura vegetal.

En la salida de campo se pudo constatar que los parques de la zona de estudio tienen un alto porcentaje de árboles de especies consideradas como invasoras. En esta zona, al igual que en buena parte de Barranquilla, se han sembrado como arbolado urbano especies con potencial invasor como el Neem (*Azadirachta indica*) debido a su rápido crecimiento y buena calidad de su sombra. Sin embargo, es una especie con una muy limitada funcionalidad ecológica ya que por sus propiedades fungicidas, bactericidas e insecticidas desfavorece la biodiversidad, y dado su potencial invasor ha sido prohibida su siembra y se ha iniciado un proceso de eliminación y reposición progresiva en otros territorios de Colombia (Resolución 2958 de 2019, 2019).

Dado lo anterior, se sugiere que el indicador de naturalidad integre no solo la superficie que no es dura, sino que también considere aspectos como el tipo de cobertura vegetal, la identidad y funcionalidad ecológica de las especies, y/o el porcentaje de especies nativas presentes en las áreas verdes urbanas.

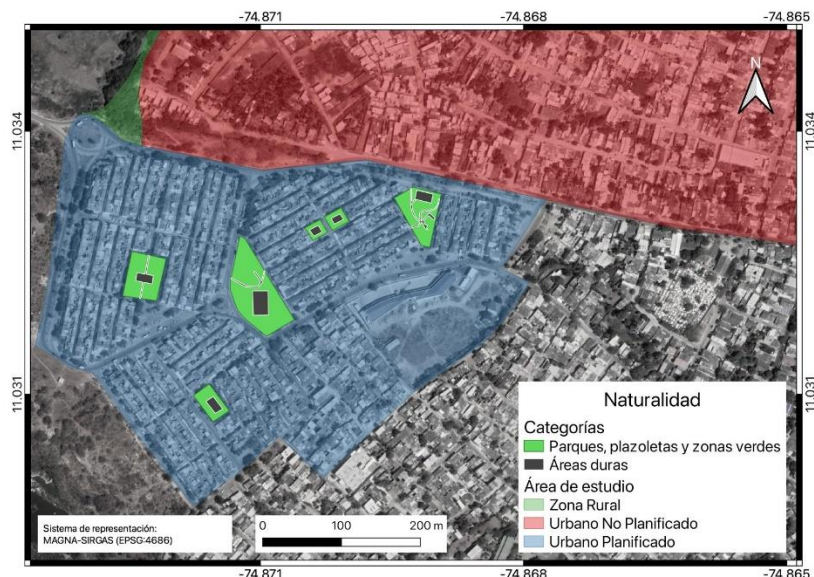


Figura 26. Naturalidad

Conectividad ecológica

Objetivo: Busca identificar las franjas de conectividad y su intensidad para orientar medidas de recuperación y mejoramiento.

La conectividad ecológica del área de estudio se evaluó en dos escalas, inicialmente se evaluó la conectividad de las áreas con cobertura natural y seminatural del área de estudio con otras áreas de importancia ecológica que se encontraran alrededor del área de estudio; posteriormente se evaluó la red de conectividad ecológica al interior del área de estudio como una aproximación de la funcionalidad ecológica de las áreas verdes. Se identificaron cinco áreas de importancia ecológica en los alrededores inmediatos del área de estudio: Ciénaga Los Manatíes, La zona de manglar asociada a la ronda de la Ciénaga de Mallorca (Manglar 1), El Bosque seco tropical al sur de la Ciénaga de Mallorca a lo largo de la vía a la Playa (BST1), el Lago del Cisne, y el bosque seco tropical al costado oriental del cauce del Arroyo León (BST2).

Se clasificaron dos rutas de conectividad Robusta con la Ciénaga Los Manatíes y con el Manglar 1; la primera dada por la cobertura continua de bosque de Manglar contigua al litoral, y la segunda dada por el cuerpo de agua de la Ciénaga de Mallorca. A pesar de que estas rutas de conectividad fueron consideradas como robustas esta conectividad presenta algún grado de fragilidad debido a que la cobertura de manglar corresponde únicamente a una franja muy delgada que se encuentra bajo presión antrópica debido a la expansión agropecuaria, y la integridad ecológica del cuerpo de agua es dependiente de la calidad del agua que ingresa la Ciénaga de Mallorca a través del Arroyo León y los posibles polutos y contaminantes que ingresen en otros puntos de la Ciénaga. La conectividad con el Manglar 1 a través de la vía terrestre es considerada Difusa debido a la ausencia cobertura de manglar o de áreas verdes urbanas que funcionen como puntos de paso para la biodiversidad; en este caso la matriz urbana es una barrera a la conectividad y es necesario el cambio de uso de suelo urbano y la restauración ecológica de la ronda de la Ciénaga de Mallorca.

La conectividad con el Lago del Cisne es considerada como Débil debido a que la ronda del Arroyo León se encuentra bastante transformada por lo que su continuidad se ve afectada; sin embargo, a lo largo de su

curso colinda con una zona de bosque seco tropical que se consolida como un refugio importante para la biodiversidad y un punto de paso para la biodiversidad (stepping stone).

La conectividad con el BST1 es considerada Débil a pesar de su cercanía con la mancha de manglar y con la Ciénaga de Mallorquín, debido principalmente a que la vía a la playa separa totalmente las dos coberturas vegetales, y corresponde a una zona dura con un separador de concreto que impide el flujo de la biodiversidad entre los dos puntos. Esta barrera dada por la vía se ha documentado como una fuerte amenaza para elementos de la biodiversidad como es el cangrejo azul (*Cardisoma guanhumi*), especie que se encuentra como vulnerable para Colombia (Ardila et al., 2002), pero que podría tener una categoría más preocupante para el departamento del Atlántico debido a la pérdida de hábitat y la alta mortalidad ocasionada por la vía a la playa.

En cuanto a la red de conectividad ecológica al interior del área de estudio, se puede decir que tanto los parques zonales como las áreas verdes privadas actualmente son machas de vegetación que pueden funcionar como puntos de paso para la biodiversidad. Si bien los puntos de paso funcionan únicamente para la biodiversidad que tienen alta movilidad y que puedan desplazarse a través de espacios con una degradación considerable, son un elemento importante para la conectividad ecológica dado el contexto de la matriz urbana. La conectividad podría mejorar si se establecen estrategias de enriquecimiento de las áreas verdes urbanas con especies nativas teniendo en cuenta las especies que brinden una variedad de servicios ecosistémicos.

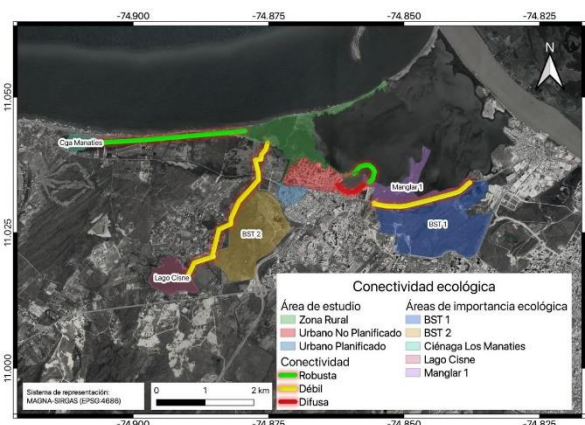


Figura 27. Conectividad ecológica con áreas de importancia ecológica.

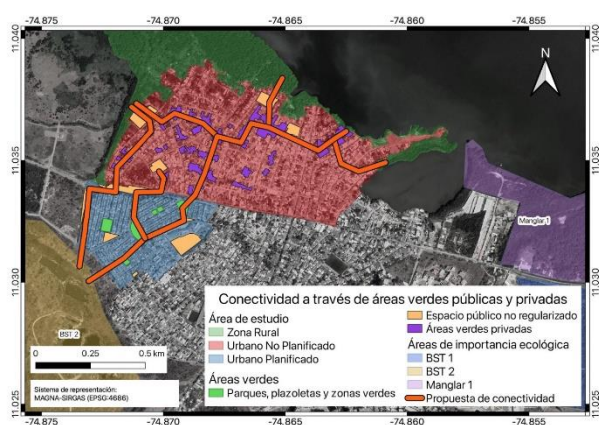


Figura 28. Conectividad ecológica entre áreas verdes urbanas y áreas de importancia ecológica

3.2.1.5. Ciudad ecológicamente funcional y resiliente

Captura de Carbono

No existe un estándar o valores de referencia, sin embargo, se toma como referencia tanto la cantidad de espacios verdes como la cobertura arbórea de estos para determinar su calificación cualitativa. En tal sentido se tiene en cuenta que una buena captura de carbono se obtiene con una cobertura de copas superior al 60% de la infraestructura verde y del 80% de los que corresponden a áreas protegidas urbanas aptas para realizar plantación. Para el caso en estudio, se considera el resultado como una captura baja, lo cual concuerda con las características propias del clima y vegetación presente en el Departamento del Atlántico, el cual se caracteriza de manera general por poseer bosque natural escaso y pocas actividades forestales con buena capacidad de absorción de CO₂.

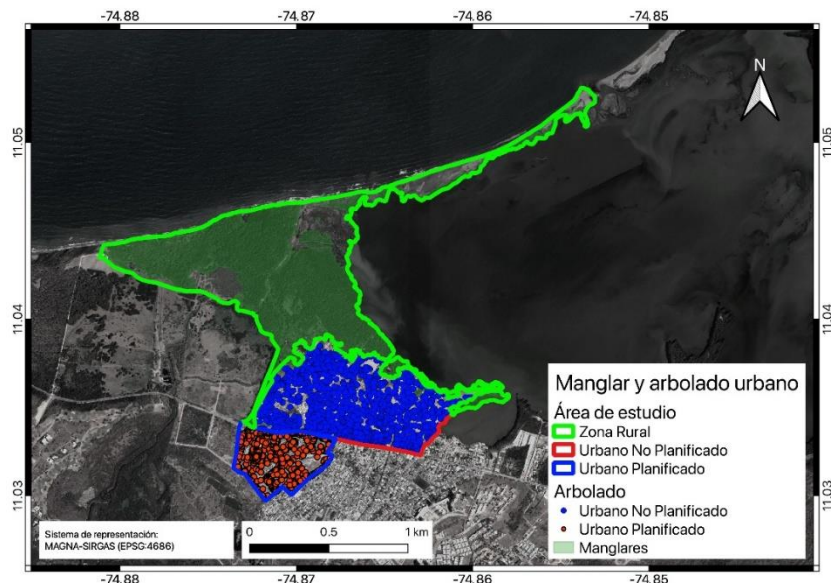


Figura 29. Cobertura de manglar y arbolado urbano en la zona de estudio

3.2.2. Componente de Gestión Integral del Agua

3.2.2.1. Ciudad con suministro de agua

Cumplimiento de la calidad requerida del agua

Objetivo: Este indicador busca cuantificar el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos para garantizar la calidad de agua potable

Para analizar la calidad de agua potable del corregimiento de La Playa se asumió que el servicio brindado en la ciudad de Barranquilla es uniforme, por lo cual se estima con la totalidad de datos brindados por la empresa prestadora del servicio de acueductos. Para el cálculo del indicador se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros básicas y complementarias registrados en cada mes del año 2020: Color aparente, turbiedad, pH, cloro residual libre, alcalinidad total, dureza total, sulfatos, hierro total, cloruros, nitratos, nitritos, aluminio, coliformes y E. coli. Al evaluar el número de muestras que cumplen con los valores indicados en la Resolución 2115 y compararlo con la frecuencia de pruebas establecidas para una población de entre 1.000.001 - 2.000.000 habitantes tal como lo es la ciudad de Barranquilla, se obtiene un valor promedio anual de 94.58% para el cumplimiento de calidad de agua.

Por otro lado, el valor del IRCA (Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano) reportado del año 2020 es de 0.05%, es decir que no representa riesgos y cumple con los valores aceptables para cada una de las características físicas, químicas y microbiológicas contempladas en la resolución. Cabe resaltar, que en el indicador no se analiza la calidad del agua para usos no potables que proviene de sistemas de aprovechamiento y reúso debido a que no hay información disponible.

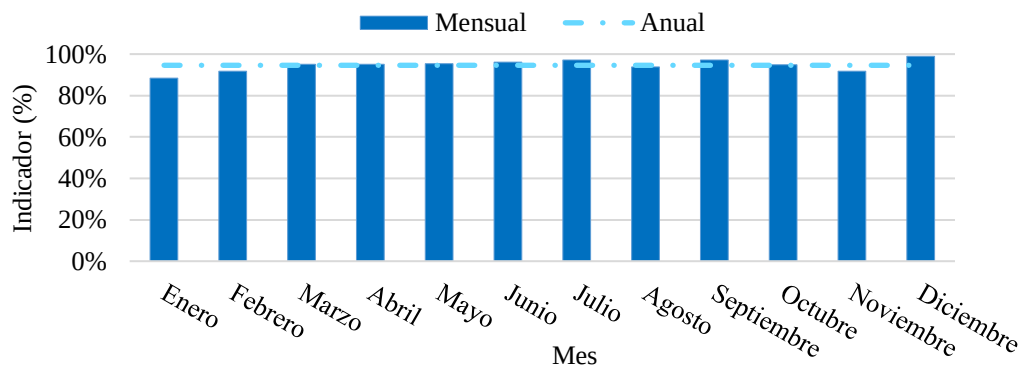


Figura 30. Valores mensuales del indicador de cumplimiento de la calidad requerida para el año 2020 en Barranquilla

Asequibilidad al servicio de agua potable y alcantarillado

Objetivo: Mediante este indicador se establece si existen limitaciones en el acceso al servicio de agua potable y alcantarillado debido al costo de este.

La población del corregimiento de La Playa se encuentra distribuida en los estratos 1, 2 y 3. Por lo cual, se opta por evaluar los ingresos y los gastos esenciales del hogar para estos grupos socioeconómicos específicos. En todos los casos donde se incluyeron los costos de arriendo en los gastos esenciales, se obtuvo un porcentaje de asequibilidad superior al 10% recomendado por Teodoro (Teodoro, 2018), es decir que existe la posibilidad de que los hogares pertenecientes a dichos estratos cuenten con restricciones del bienestar y limitaciones en las oportunidades económicas. El estrato 1 se resalta por ser el de menores ingresos económicos, por lo cual cuenta con una menor asequibilidad a pagar el servicio de agua y alcantarillado, con un valor del 44% que presenta una preocupante situación para los usuarios de este sector. Cabe resaltar que, las tarifas manejadas por la empresa prestadora del servicio son adecuadas; la problemática se encuentra al ser poblaciones con ingresos extremadamente bajos y un mayor número de personas por hogar, lo cual impide realizar una correcta estimación del indicador correspondiente.

Por otro lado, al analizar la asequibilidad del servicio de agua y alcantarillado sin incluir los costos de arriendo en los gastos esenciales, se observa un mayor acceso al servicio para todos los estratos analizados, evidenciando que el pago de vivienda representa una gran inversión para los hogares, principalmente a los de bajos ingresos. El estrato 2 y 3 cuentan con una asequibilidad buena ya que registraron un valor inferior al 10% de los gastos, lo que indica una flexibilidad económica para los usuarios del servicio.

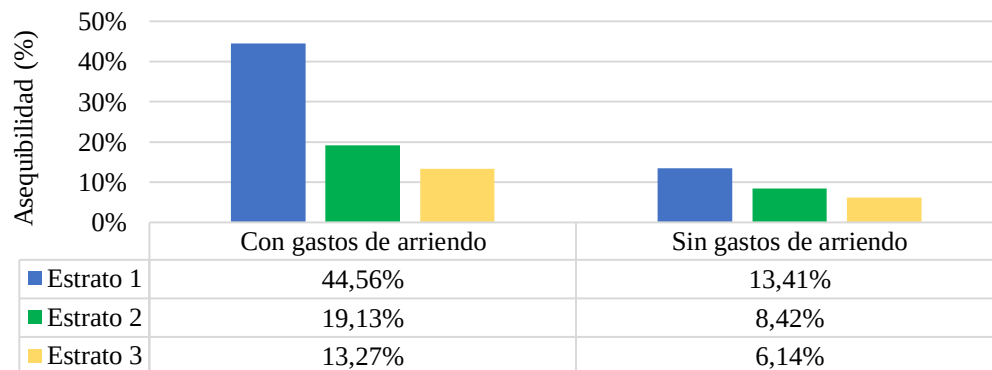


Figura 31. Asequibilidad según el estrato socioeconómico

Continuidad del servicio de agua

Objetivo: Este indicador pretende cuantificar las horas al día en que la población urbana cuenta con disposición y suministro de agua.

La continuidad del servicio del agua en la ciudad de Barranquilla a lo largo de los últimos años ha sido clasificada como continua. El índice de continuidad promedio del servicio de acueducto en los últimos 6 años fue de 23,79 h/día con un porcentaje estimado del 99,3%.

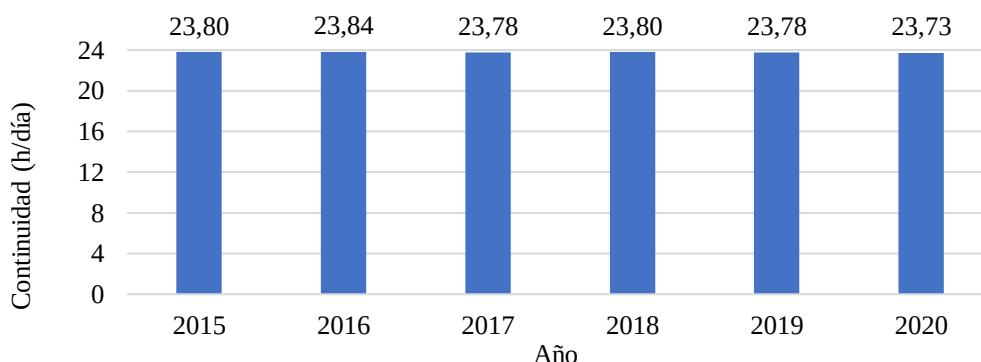


Figura 32. Continuidad del servicio en la ciudad de Barranquilla

3.2.2.2. Ciudad con alcantarillado sanitario

Cobertura del servicio de alcantarillado sanitario

Objetivo: Este indicador pretende cuantificar el porcentaje de la población que cuenta con acceso al servicio de alcantarillado sanitario (recolección, transporte y disposición de las aguas residuales) con el fin de establecer si existe un déficit en la prestación del servicio.

Para garantizar un correcto desarrollo urbano, es primordial contar con una completa cobertura de alcantarillado sanitario que vele por el saneamiento básico de la población. Sin embargo, la proporción de viviendas que cuentan con el servicio de recolección y transporte de aguas residuales en urbanizaciones informales es menor al 100%. Lo anterior, representa un posible déficit en la prestación del servicio que puede afectar el bienestar, la salud y la calidad de vida de los habitantes. Por lo cual, es de gran importancia desarrollar el indicador en función de determinar las limitaciones al acceso a servicios básicos como acueducto y alcantarillado.

3.2.2.3. Ciudad con drenaje pluvial

Cobertura del servicio de alcantarillado pluvial

Objetivo: Este indicador busca cuantificar el porcentaje del área en la que la escorrentía generada es manejada mediante sistemas de drenaje convencionales para establecer si existe déficit en la infraestructura.

La población del corregimiento La Playa no cuenta con un sistema de alcantarillado pluvial formal que permita el drenaje de la escorrentía de las aguas de lluvia. En la actualidad, La cobertura de este servicio es del 0% para la zona de estudio.

Confiabilidad del sistema de drenaje

Objetivo: Este indicador pretende cuantificar el desempeño del sistema de drenaje en términos de su confiabilidad. Además, se busca determinar el grado de reducción de la frecuencia de fallas durante su vida útil de un sistema de alcantarillado pluvial.

La población del corregimiento La Playa no cuenta con un sistema de alcantarillado pluvial formal que le permita analizar el presente indicador. Por lo cual, el porcentaje de confiabilidad sería del 0%, ya que no existe un tiempo de operación o fallas registradas en el sistema.

3.2.2.4. Ciudad con calidad de agua

Calidad del cuerpo de agua receptor

Objetivo: Su cuantificación permite identificar problemas de contaminación del agua en el cuerpo de agua receptor, con el fin de establecer limitaciones del uso del mismo, aguas abajo de las descargas y responsabilidades de diferentes actores su protección y conservación.

De cada uno de los informes de REDCAM se obtuvo información desde el 2015 al 2019, cabe resaltar que la salinidad no es un parámetro empleado directamente en el cálculo del ICA, pero en nuestro caso se empleó para corregir la cantidad de oxígeno disuelto presente en el agua y la misma se convirtió a conductividad eléctrica. Posteriormente se aplicaron las curvas funcionales para cada uno de los parámetros, para así calcular el porcentaje de calidad del agua.

La calidad del agua tanto del Arroyo León (ICA = 47.22% en promedio para los últimos cinco años) como de la Ciénaga de Mallorquín (ICA = 49.32% en promedio para los últimos cinco años) es en la historia reciente Mala; y aunque en algunos años, especialmente en 2018 de acuerdo con los registros analizados presentó una leve mejoría, la tendencia de mala calidad volvió en 2019. Esto se debe a que los problemas de vertimiento irregular a estos receptores, de aguas residuales sin tratar, especialmente domésticas, continúan aconteciendo sin que se haya realizado hasta el momento ninguna acción o intervención de fondo. Sin embargo, se registran en el momento varios anuncios de ciudad, que apuntan a solucionar de fondo el problema. En cualquier caso, resulta igualmente relevante mencionar que, la necesidad de acudir a diversas fuentes para colectar la información necesaria para calcular el indicador puede tener alguna influencia en la variabilidad observada en los resultados de un año a otro.

Especialmente para este indicador es relevante sugerir que, para casos de estudio en áreas costeras, en lugar del ICA, se utilice el Indicador de Calidad de Aguas Marinas y Estuarinas (ICAM), el cual es un indicador de estado, y puede ofrecer ventajas importantes y ser más representativo cuando se trata de estas zonas.

Con todo, siempre será difícil lograr y expresar la integralidad que se requiere a través de un indicador. Pero pese a eso, un indicador que logra incluir más parámetros será más ventajoso cuando se quiere evaluar la calidad del agua. El ICAM incluye en su cálculo Oxígeno disuelto, pH, Salinidad, Nitritos, Nitratos, ortofosfatos, Sólidos suspendidos, Hidrocarburos disueltos y dispersos, Organoclorados totales, Metales pesados (Cd, Cr y Pb), Coliformes totales y termo tolerantes. De acuerdo con la definición del indicador que realiza el INVEMAR, “estos parámetros son ponderados según importancia ambiental y dentro de la expresión algebraica, donde reciben una calificación individual de acuerdo con los criterios de calidad de la legislación colombiana y la concentración estimada en medio natural. El resultado de la ecuación es un numero adimensional de cero a cien que representa un concepto de calidad (excelente, bueno, regular o malo)”. Sin embargo, al requerir información sobre un mayor número de parámetros, la disponibilidad de dicha información adicional podría convertirse en una barrera para la utilización del ICAM.

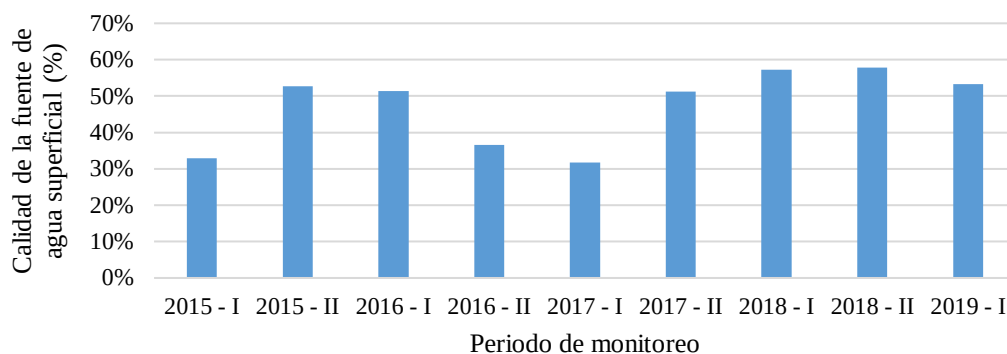


Figura 33. Calidad del Arroyo León en el periodo de monitoreo establecido.

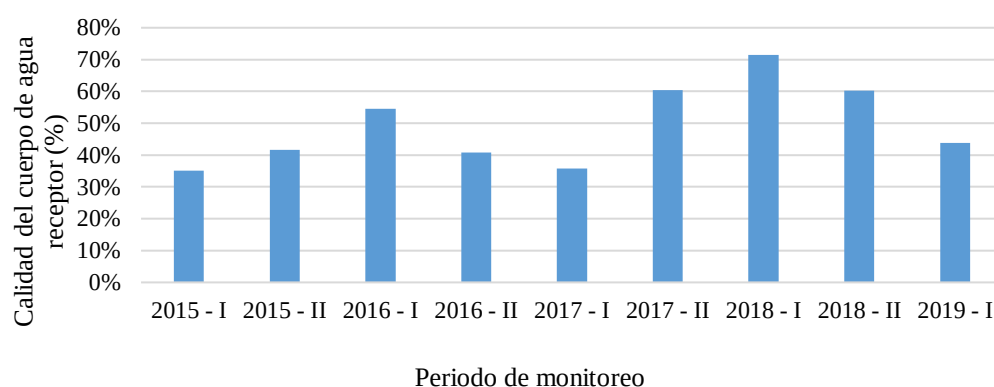


Figura 34. Calidad de la Ciénaga Mallorquín en el periodo de monitoreo establecido.

Agua residual tratada al nivel de calidad requerido

Objetivo: Este indicador pretende estimar el porcentaje de agua residual que es tratada por procesos físicos, químicos y biológicos adecuados. Es decir, que en su selección involucran la calidad del cuerpo de agua receptor y los usos del recurso aguas abajo del vertimiento. Esto con el fin de establecer si existen impactos ambientales negativos en los cuerpos de agua receptores y restricciones en el uso del agua.

La zona bajo estudio presenta varios sectores subnormales y no conectados a la red de acueducto y alcantarillado de la ciudad de Barranquilla, por lo cual descargan sus aguas residuales domesticas a la Ciénaga, al mar o al Arroyo León. Si bien, es viable estimar el indicador a partir de los datos de población total, datos oficiales sobre la población conectada y no conectada al alcantarillado, dotación y consumo de agua potable, así como del factor de retorno reglamentado en el RAS y aplicar la metodología indicada; el “tratamiento” que se hace al agua residual antes de ser vertida, apenas llega a ser un pretratamiento o primario en algunos casos, el cual dista mucho de ser suficiente y apropiado para los requerimientos de calidad del cuerpo de agua receptor y los usos del recurso aguas abajo de su vertimiento. Lo anterior, sumado a que como se mencionó previamente, los sectores del área de estudio no conectados a la red de acueducto y alcantarillado vierten sus aguas residuales directamente al Mar, a la Ciénaga o al Arroyo sin ningún tratamiento, sería adecuado afirmar que este indicador es realmente cero por ciento (0%).

Tasas de Mortalidad causada por enfermedades de origen hídrico

Objetivo: Este indicador busca estimar tasas de mortalidad para la zona de estudio.

La tasa de mortalidad muestra estar en un rango aceptable para la zona estudio, pues se considera que es una zona que no cuenta en su totalidad con acueducto y alcantarillado. Gracias a las representaciones gráficas se puede observar que la mayoría de los fallecidos son por infecciones respiratorias agudas. Sin embargo, esta es una enfermedad indirectamente relacionada con el agua, según el Ministerio de Salud, por medio de cifras del 2015 en el Atlántico se determinó que los casos se clasificaban en las siguientes características en los menores de 5 años: 8.7 % en estado de desnutrición, 91.3 % tenía esquema de vacunación completo, 14 % vivía en hacinamiento, 0 % mostro poca ventilación y 9.18 % humedad. Por su parte en el caso de la morbilidad, la principal enfermedad es la Enfermedad diarreica aguda (EDA), la cual según la misma fuente anterior se caracterizan porque los casos de las personas que la padecen provienen de zonas urbanas y reportan como fuentes de agua pozos y disposiciones de excretas a cielo abierto. Cabe resaltar que esta problemática se presenta a nivel nacional en zonas rurales predominantemente.

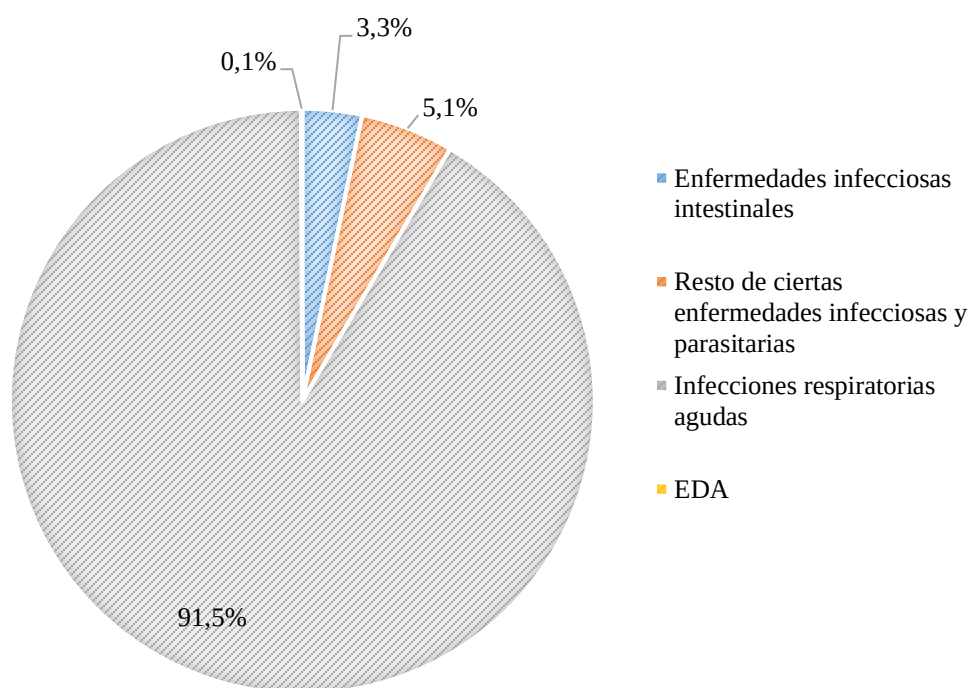


Figura 35. Porcentaje de los fallecidos para cada una de las enfermedades que causan mortalidad.

Tasas de Morbilidad causada por enfermedades de origen hídrico.

Objetivo: Este indicador busca estimar tasa de morbilidad para la zona de estudio.

Las tasas de mortalidad y morbilidad muestran estar en un rango aceptable para la zona estudio, pues se considera que es una zona que no cuenta en su totalidad con acueducto y alcantarillado. Gracias a las representaciones gráficas se puede observar que la mayoría de los afectados padecían de EDA, Dengue y Chicunguña, respectivamente en un 93,6%, 3% y 2,7%, por lo que se aplica lo mismo que en el caso anterior de la mortalidad, donde el presentar síntomas se debe a la calidad de las fuentes de agua y también se presenta que son lugares propicios para la cría de vectores.

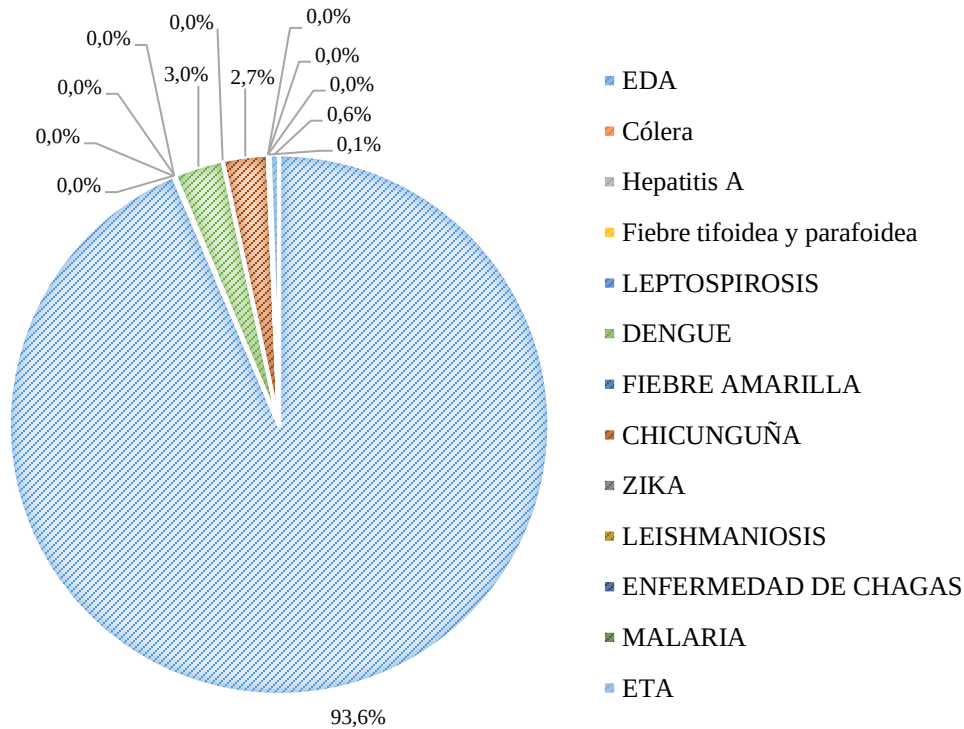


Figura 36. Porcentaje de los infectados por enfermedades que causan morbilidad.

3.2.2.5. Ciudad con ciclo de agua

En el presente caso estudio fue imposible lograr incorporar esta etapa al modelo, ya que la locación seleccionada para abordarlo presentaba grandes inconvenientes en adquirir cada una de las variables de los respectivos indicadores. Ocasionando que esto fuera un proceso subjetivo donde se debían asumir una gran cantidad de valores y recurrir a fuentes poco confiables, por lo que se resistió de su cálculo y posterior incorporación al modelo. Sin embargo, cabe resaltar que se tuvo en cuenta el carbono en la parte de ecología urbana.

3.2.2.6. Ciudad sensible al agua

Vulnerabilidad Costera

Objetivo: Evaluar y categorizar la vulnerabilidad costera, para realizar el estudio y establecimiento de medidas adecuadas que garanticen la reducción de la de vulnerabilidad de la población de la urbanización La Playa.

En la siguiente figura se observa la delimitación de la zona de estudio y los sectores que fraccionan el área de interés definida, que corresponde con la celda litoral donde se localiza la Ciénega de Mallorquín. Se encontró que el sector 6 presenta la mayor susceptibilidad a erosión e inundación. Indicando una categorización de alta vulnerabilidad debido a la presencia de zonas con bajas elevaciones, la ausencia de estructuras artificiales de protección costera y al área de suelo urbanizada. El 76.6% del sector 6, corresponde a la zona de estudio, es por esta razón que se considera esta zona como vulnerable.

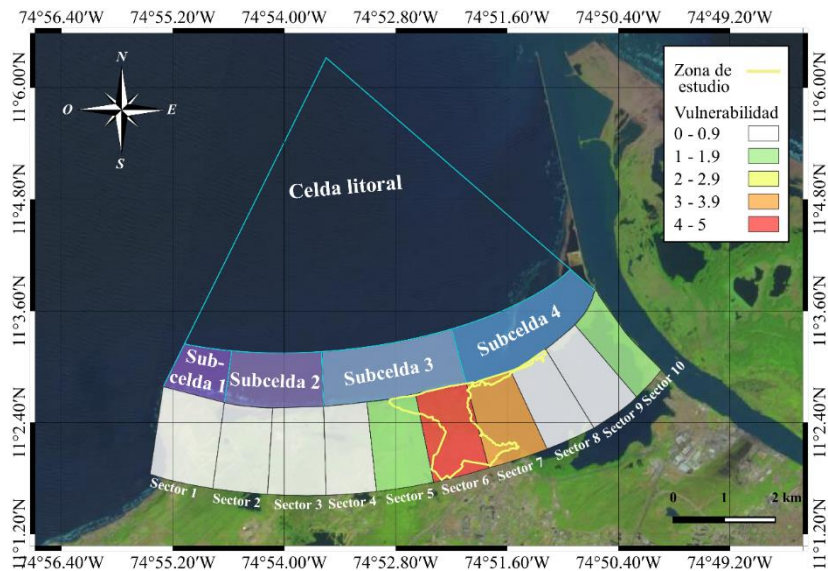


Figura 37. Vulnerabilidad costera de la celda litoral asociada a la zona de estudio

3.3. Conclusiones y recomendaciones

La metodología presentada por la Universidad de los Andes no considera ciertos atributos físicos característicos de los humedales costeros. La tasa de cambio de línea de costa, la presencia de dunas y de estructuras de protección costera hacen parte de las variables ausentes en la metodología, que está enfocada en hidrosistemas continentales. Como se mencionó, el humedal piloto de aplicación presenta las características de un humedal continental, lo que conduce a que la Universidad del Norte presente una propuesta de ampliación de la metodología original, al complementar en este proyecto de consultoría la vulnerabilidad costera como indicador en la etapa 6, ciudad sensible al agua, enfocada a valorar la susceptibilidad de la zona de estudio ante eventos de inundación y procesos erosivos contra los impactos del cambio climático. Conviene señalar que este indicador sigue la metodología planteada por Sekovski et al. (2020) y cuenta con ciertas restricciones asociadas a las particularidades de las fuentes de información, debido a que estas son de carácter secundario, representando aproximaciones de la realidad, ante la ausencia de información pública disponible para las zonas marino-costeras.

Por otro lado, el análisis de resiliencia al cambio climático no es susceptible de ser valorado, dado que los indicadores planteados por la Universidad de los Andes no son válidos para cuantificar los efectos del cambio climático en la infraestructura actual por el paso de eventos hidrometeorológicos extremos, particularmente los fenómenos de baja presión.

En lo que respecta a los indicadores propuestos en la etapa 6, según la información proporcionada por parte de líderes sociales de la comunidad, la población de la zona de estudio en gran parte corresponde a comunidades desplazadas por la violencia, las cuales no tienen ninguna consciencia pública, ni sentimiento de responsabilidad en la toma de decisiones locales sobre el agua y la conservación del recurso, dado que presentan necesidades básicas insatisfechas. La infraestructura en la que habitan es deficiente, y están establecidos en una zona de amortiguamiento, que es por definición susceptible de inundación. Su experiencia de vida aunada a la falta de infraestructura hace que vivan en una inundación constante, y es por esta razón que el indicador de conciencia pública no es el más acertado para la población de interés.

Mientras que el indicador de uso multifuncional de la infraestructura verde para el manejo de la escorrentía carece de aplicabilidad en la zona de estudio, dada la ausencia de sistema de drenaje urbano sostenible, a partir del hecho que la zona no cuenta con drenaje pluvial, en consecuencia, durante la época húmeda o el paso de un fenómeno extremo, la zona tiende a inundarse, evento que la población considera como parte de su cotidianidad.

4. Transferencia Villavicencio

4.1. Descripción del caso de estudio

4.1.1. Selección de zona de estudio

Dada la importancia ecológica, económica, paisajística, de sumidero y de regulación climática del río Ocoa por atravesar todo el casco urbano de la ciudad de Villavicencio, sumado a ser el único río que nace y muere en el municipio, siendo una pieza clave y fundamental en el manejo de las aguas residuales y lluvias en la ciudad. Se seleccionó la cuenca hidrológica del río Ocoa como zona de estudio. Sin embargo, el tiempo disponible para la realización de este estudio y la aplicación del conjunto de herramientas, indicadores y de modelos generados del proyecto “Systemic perspectives on low carbon cities in Colombia – An integrated urban modeling approach for policy and regulatory análisis” es un limitante en la consecución de la información primaria. Tiene como objetivo proporcionar a través de la serie de criterios técnicos, herramientas y modelos recomendaciones políticas y regulatorias para un desarrollo urbano sostenible en las ciudades colombianas.

Por tanto, el estudio se acotó a la zona alta de la Cuenca hidrográfica del río Ocoa, donde se concentra cerca del 20,61 % de la población. Dentro de la cual, se seleccionó al barrio Ciudad Porfía por ser el área de mayor extensión urbana y poblacional que confluye al margen derecho del Río Ocoa, y que a su vez toma el recurso hídrico de forma privada para su abastecimiento de uno de los afluentes del Río Ocoa y en este también realiza las descargas de las aguas residuales, al igual que el resto de la ciudad de Villavicencio.

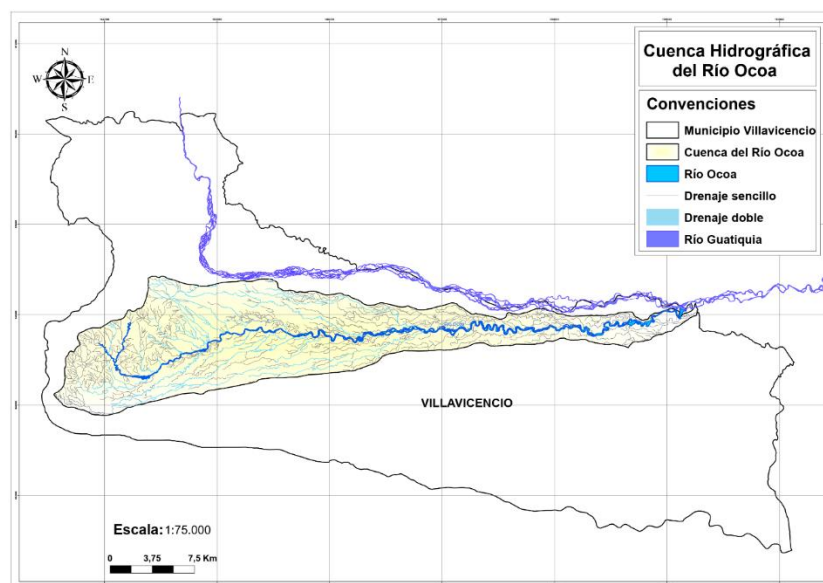
Es de resaltar que el área de estudio, Ciudad Porfía, surgió en la década de los ochenta como una serie de asentamientos precarios e informales sin tenencia del terreno en condiciones no óptimas de urbanismo sobre la franja de protección del recurso hídrico del río Ocoa y el caño Corcovado. En la actualidad, la mayoría de asentamientos se encuentran legalizados y cuentan con todos los servicios públicos e incluso siendo la única zona de Villavicencio en tener una oficina propia para servicios judiciales, de registro y notariado. Adicionalmente, en las áreas circundantes a Ciudad Porfía se proyectan importantes proyectos urbanísticos de vivienda de interés social y prioritario. Que hacen de esta zona de estudio un importante recurso para la aplicación del conjunto de herramientas e indicadores para el sector de agua y ecología urbana del proyecto “Systemic perspectives on low carbon cities in Colombia – An integrated urban modeling approach for policy and regulatory análisis”

4.1.2. Área de estudio

4.1.2.1. Río Ocoa

El río Ocoa nace y muere dentro del territorio municipal de Villavicencio, este nace en el suroccidente en la vereda Samaria a 1.155 msnm y desemboca al río Guatiquía en el sector de Murujuy (Aguilera & Vásquez-Ramos, 2019). La cuenca hidrográfica del río Ocoa está dividida en tres zonas: Zona alta, que va desde el nacimiento del río hasta el sector de ciudad Porfía en la estación limnimétrica “Puente del Amor” del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), esta zona representa el 27,18% del área total de la cuenca; la zona media continúa hasta la vereda la Llanerita; la zona baja comprende la confluencia con el río Guatiquia en el sector de Murujuy (Osorio-Ramírez et al., 2015). Como se aprecia en la Figura 38, la cuenca del río Ocoa tiene una densa red de cuerpos de agua que drenan por las dos márgenes, entre ellos están quebrada Blanca, Caños La Unión, Corcovado, Tigre, Piñalito, Colepato, Pendejo, Grande, Hondo, Buque, Cuerera y Maizaro (Concejo Municipal de Villavicencio, 2015).

Tanto en el área rural como urbana se realizan diferentes actividades socioeconómicas como industria, servicios, turismo y actividades agropecuarias generando múltiples usos y demanda de agua sobre el río Ocoa y sus afluentes tributarios (Cormacarena, 2011). Este río es importante en la región, dado el uso de sus aguas para consumo doméstico, actividades agropecuarias, forestales y mineras, así como ser el receptor de al menos el 80% de los vertimientos de aguas residuales de Villavicencio (Osorio-Ramírez et al., 2015).



*Figura 38. Cuenca hidrográfica del Río Ocoa, Villavicencio, 2021.
Fuente: Elaboración propia con base al Acuerdo 287 de 2015 de Villavicencio.*

4.1.2.2. Ciudad Porfía

El Barrio Ciudad Porfía está ubicado al suroccidente de la ciudad de Villavicencio (Figura 39), por la carretera que conduce de Villavicencio al municipio de Acacías, sobre el kilómetro 8. Limita al norte con el río Ocoa, y en la parte inferior a 300 metros del caño Corcovado, el barrio pertenece a la comuna ocho de Villavicencio, y tiene una población estimada de 16.834 habitantes (Romero Rodríguez, 2014).

Ciudad Porfía surge como un proceso de presión migratoria. En el año 1984 se realizó la cooperativa de vivienda del Meta con personas interesadas en adquirir lotes económicos, donde se realizaron varias investigaciones sobre posibles predios cercanos a Villavicencio, siendo el predio de la señora Noemí Carrillo de 73 hectáreas el ideal por ser mayoritariamente plano y tener cercanía a cuerpos de agua, para realizar mediciones y trazado del terreno. En su momento se realizó un sorteo y venta de lotes de 12.000 pesos colombianos. No obstante, las personas que lograron hacerse a uno de estos lotes no construyeron inmediatamente. Por ello, el 2 de enero de 1986 el predio fue invadido y días después las autoridades municipales ordenaron el desalojo. Sin embargo, esta toma ilegal de los terrenos se repitió de forma consecutiva hasta que el gobierno municipal se vio obligado a modificar los límites urbanos de la ciudad de Villavicencio dos años después del inicio de la primera invasión (Uribe Díaz et al., 2018).

Debido al origen ilegal de los asentamientos que hoy conforman Ciudad Porfía, la comunidad no tenía garantizado el acceso a los servicios públicos disponibles en el resto de la ciudad. Por lo que para suplir la necesidad del recurso hídrico realizaron un primer acueducto comunal que consistía en un pozo profundo construido por Ecopetrol, pero el agua no era de buena calidad. Motivo por el que la comunidad realizó un sistema propio de aducción y conducción por gravedad del recurso hídrico desde el caño La Linda, uno de

los primeros tributarios del río Ocoa. Este trabajo de construcción fue realizado íntegramente por la comunidad con apoyo de la gobernación del Meta quien en ese entonces aportó la tubería necesaria (Romero Rodríguez, 2014).

Con respecto al servicio de energía eléctrica, los habitantes de Ciudad Porfía la tomaban de la finca La Casona y mediante mecanismos propios suplieron el resto de servicios públicos que necesitaban; poco a poco este barrio se consolidó como un asentamiento en proceso de formación ya que pasó de ser rural a urbano, y ahora posee una gran actividad comercial concentrada principalmente en la avenida principal (Carrera 43), que fue pavimentada en 1992 con aportes de la alcaldía de Villavicencio. En 1993 fue reconocida como parte de Villavicencio y por esto empezaron a tener sistemas y elementos de toda población como lo son el transporte, la educación y la salud (Romero Rodríguez, 2014).

Para el 2009 ya había nueve colegios funcionando dentro y alrededor de Porfía, tres públicos (Institución Educativa General Carlos Alban, IE Las Palmas y IE Luis Carlos Galán Sarmiento) seis colegios privados y un colegio cultural. También posee un centro de salud de primer nivel, una casa de justicia, tres iglesias católicas y aproximadamente dieciocho iglesias cristianas que aumentan con el pasar de los años (Díaz Fernández & Soto Piñeros, 2019).

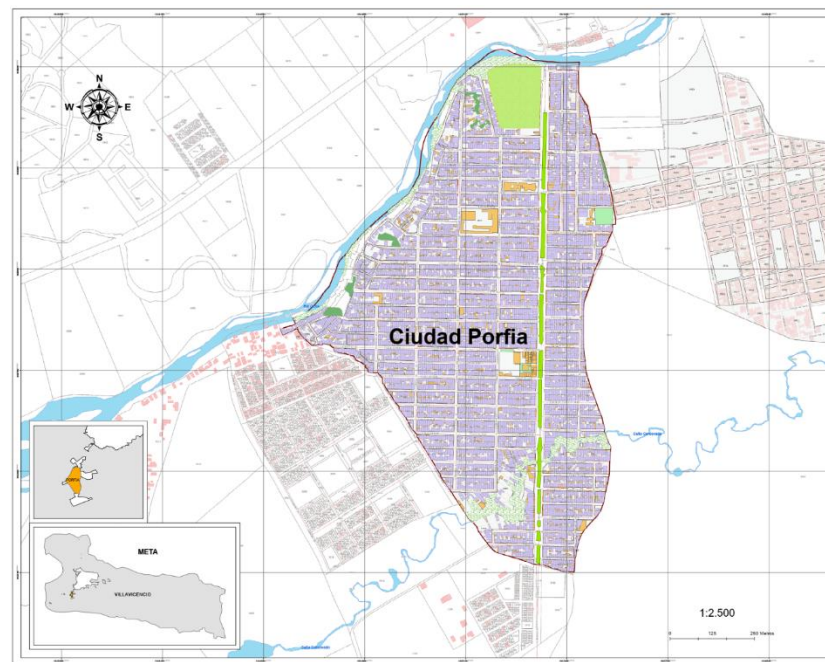


Figura 39. Plano localización de Ciudad Porfía, Villavicencio

Fuente: Elaboración propia con base al Acuerdo 287 de 2015 de Villavicencio, Servidor WMS-Catastro del IGAC

4.2. Estimación de indicadores para los componentes del modelo en el estudio de caso

4.2.1. Componente de Ecología Urbana

En la Figura 40 se presentan los indicadores y etapas evaluadas para ecología urbana. En total se evaluaron nueve indicadores conservando los parámetros de valoración desarrollados para Ciudad Verde bajo una escala lingüística de “Muy Malo, Malo, Regular, Bueno y Muy Bueno”. A su vez, estos nueve indicadores se agruparon en cinco etapas, las cuales se evaluaron en conjunto a medida que se avanzaba a la siguiente

etapa, de acuerdo a lo postulado por el Método de Evaluación Comprensiva Difusa (Cadena et al., 2020). De manera que los indicadores de la etapa 1 fueron evaluados un total de cinco veces, mientras en la etapa 5 al ser la última y recoger todos los indicadores se evaluaron una sola vez.

Para la realización de los indicadores de ecología urbana se utilizó como insumo la Geodatabase del plan de ordenamiento de Villavicencio del Acuerdo 287 de 2015 (Concejo Municipal de Villavicencio, 2015), Geodatabase de Cartografía Base Escala 1:25.000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Servidores WMS de Cubrimientos de Información Disponible Subdirección de Geografía y Cartografía del IGAC e imágenes satelitales de Landsat 8 y Maxar Technologies a través del Servicio Geológico de Estados Unidos y Google Earth, respectivamente.

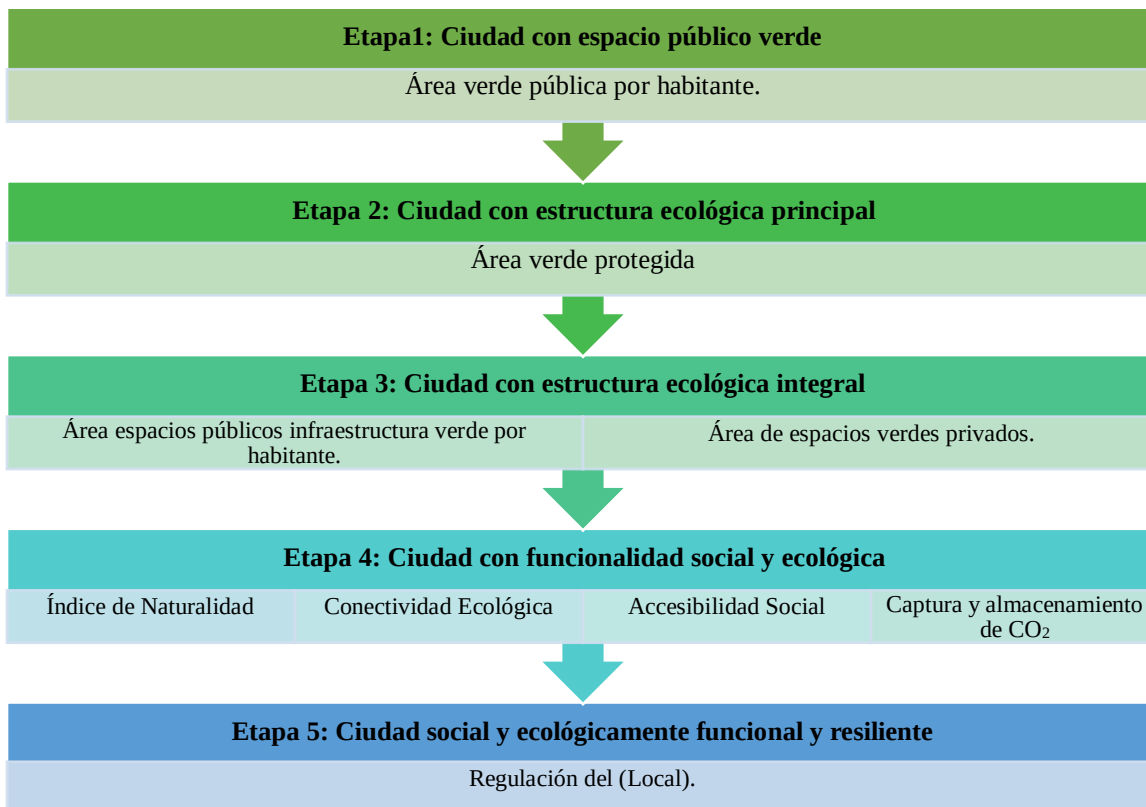


Figura 40. Etapas e indicadores del sector Ecología Urbana evaluados en Ciudad Porfía, Villavicencio
Fuente: modificado de Cadena et al. (2020).

4.2.1.1. Resultados de los indicadores

El análisis del sector de ecología urbana en Ciudad Porfía constituye la primera dimensión de evaluación del estado de los recursos naturales y servicios ecosistémicos de la cuenca hidrológica del río Ocoa en la ciudad de Villavicencio mediante indicadores formulados bajo el enfoque de ciudad sensible. No obstante, no se busca ignorar las relaciones biológicas y sociales del conjunto, y componentes que conforman el socioecosistema, sino valorar cada una de ellas a través de diferentes indicadores, sectores y etapas previamente definidas que permitan establecer el estado actual del socioecosistema y definir una línea base para los gestores de lo urbano. Para febrero de 2021, Ciudad Porfía cuenta con una extensión de 853061.80 m², de las cuales solo el 8.934% o 76209.23 m² corresponden a espacios verdes, los cuales fueron cuantificados y categorizados con base en la Figura 41 y Tabla 8.

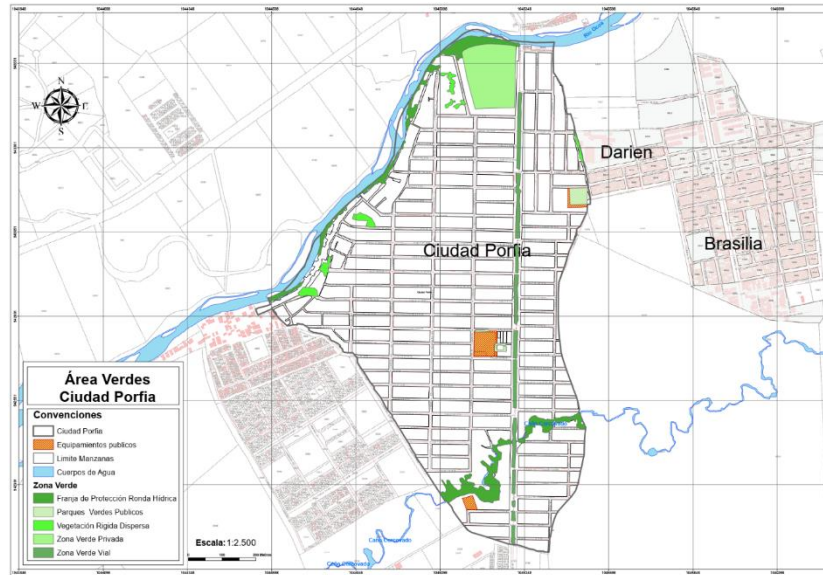


Figura 41. Espacios verdes de Ciudad Porfía, Villavicencio.

Fuente: Elaboración propia con base al Acuerdo 287 de 2015 de Villavicencio, Servidor WMS-Catastro del IGAC.

Tabla 8. Área por tipo de espacio verde, Ciudad Porfía.

Fuente: Elaboración propia

Tipo de espacio verde	Área (ha)	Área (m ²)	Porcentaje Áreas Verdes (%)
Franja de Protección Ronda Hídrica	2,784	27.837	36,527
Parques Verdes Públicos	0,336	3.365	4,415
Vegetación Rígida Dispersa Ciudad Porfía	0,580	5.804	7,617
Zona Verde Privada	2,647	26.466	34,729
Zona Verde Vial	1,274	12.736	16,712
Total	7,621	76.209,228	100

En la Tabla 9, se presenta un breve resumen de las cinco etapas y nueve indicadores evaluados para el sector de ecología urbana donde se evidencia el estado actual y la calidad de las áreas verdes de Ciudad Porfía.

Tabla 9. Etapas e indicadores evaluados en Ciudad Porfía para la dimensión de ecología urbana con sus respectivas unidades y marcos de referencia.

Fuente: Elaboración propia.

Etapa	Indicador	Nombre	Valor	Unidad
Ciudad con espacio público verde	1	Área verde pública por habitante.	2.955	m ² de área verde pública/habitante
Ciudad con estructura ecológica principal	2	Área verde protegida	36.527	% área verde protegida
Ciudad con estructura ecológica integral	3	Área espacios públicos infraestructura verde por habitante.	2.117	m2 de espacio público/habitante
	4	Área de espacios verdes privados.	34.729	% área verde privada

Etapas	Indicador	Nombre	Valor	Unidad
Ciudad con funcionalidad social y ecológica	6	Índice de Naturalidad	16.450	% áreas no endurecidas
	7	Conectividad Ecológica	Difusa	Poca o ninguna conectividad
	8	Accesibilidad Social	30.248	Área con cobertura o próxima a parques públicos verdes
Ciudad social y ecológicamente funcional y resiliente	9	Captura y almacenamiento de CO ₂	20.304	Toneladas CO ₂ capturado por año
	10	Regulación del clima (Local).	6.764	Diferencia temperatura

4.2.1.2. Resultados de la evaluación comprensiva difusa

A partir de los resultados obtenidos en cada uno de los indicadores propuestos y evaluados para el sector de ecología urbana, se procedió a realizar la valoración a nivel de etapas mediante el Método de Evaluación Comprensiva (FCEM), por sus siglas en inglés: Fuzzy Comprehensive Evaluation Method) que permite evaluar de forma simultánea diferentes indicadores con grados de pertinencia o valoración diferentes (Cadena et al., 2020). A su vez admite otorgarles un mayor peso a los indicadores más importantes como gestionar el nivel de importancia de un indicador en caso de que la información o datos obtenidos no sean del todo fiables por antigüedad, difícil consecución o por el error estándar asociado al mismo. Como se indicó al inicio de este sector, los indicadores fueron evaluados y posteriormente catalogados mediante etiquetas lingüísticas de acuerdo con su desempeño en “Muy Malo”, “Malo”, “Regular”, “Bueno” y “Muy Bueno”.

Los grados de pertenencia para cada uno de los rangos de valoración otorgados a los indicadores se definieron a partir de funciones tipo trapecio que caracterizan a cada una de las etiquetas lingüísticas establecidas. En la Figura 42 se muestra el resultado de los nueve indicadores evaluados, de los cuales cuatro son de tipo cualitativo (Área verde protegida, Área espacios verdes privados, Conectividad ecológica, Captura y almacenamiento de CO₂) y los cinco restantes de tipo cuantitativo. Como se observa en la figura, los indicadores de “Área verde pública por habitante” y “Área espacios públicos infraestructura verde por habitante” tienen asociados en su evaluación dos valoraciones lingüísticas con diferente grado de pertenencia. Una etiqueta de “Muy Malo” en mayor medida, seguido de la etiqueta “Malo”. De forma similar se valoró el indicador de “índice de naturalidad” con una etiqueta lingüística de “Muy Bueno” en mayor medida, seguida de una valoración de “Bueno”. Así como el indicador de “accesibilidad social” con una etiqueta de “Malo” y una leve tendencia a “Regular”. El resto de indicadores fueron evaluados con un 100% de pertenencia para la categoría lingüística de “Malo”.

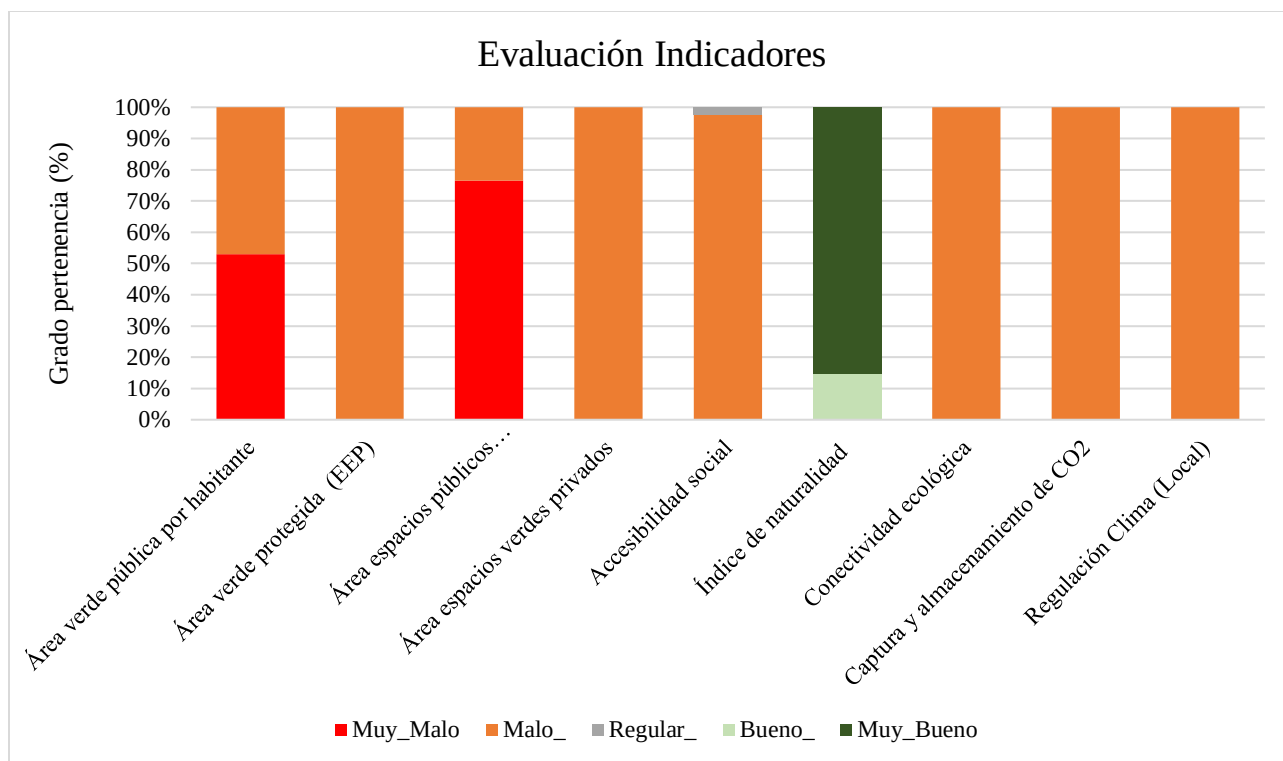


Figura 42. Evaluación de indicadores del sector de ecología urbana para Ciudad Porfía.
Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 10 se presenta el consolidado de la evaluación final y los grados de pertenencia de asociados a cada uno de los indicadores de acuerdo a los resultados descritos en las secciones anteriores. Gracias a esta metodología donde se genera una etiqueta lingüística y el grado de pertenencia de la misma, es posible identificar los indicadores que requieren de atención prioritaria como “Área verde pública por habitante” y “Área espacios públicos infraestructura verde por habitante” valorados con una etiqueta lingüística de “Muy Malo” seguido de los seis indicadores valorados con la etiqueta de “malo”. De manera que los tomadores de decisiones pueden evaluar posibles acciones de mejora basado en los resultados obtenidos y así mismo realizar una distribución adecuada de los recursos con base al nivel de importancia o atención requerido por cada uno de los indicadores evaluados.

Tabla 10. Evaluación final de indicadores sector ecología urbana en Ciudad Porfía, grado de pertenencia y etiqueta lingüística.
Fuente: Elaboración propia.

Indicadores	Etiqueta	Grado de Pertenencia
Área verde pública por habitante	Muy Malo	0,530
Área verde protegida (EEP)	Malo	1,000
Área espacios públicos infraestructura verde por habitante	Muy Malo	0,766
Área espacios verdes privados	Malo	1,000
Accesibilidad social	Malo	0,975
Índice de naturalidad	Muy Bueno	0,855
Conectividad ecológica	Malo	1,000
Captura y almacenamiento de CO ₂	Malo	1,000
Regulación Clima (Local)	Malo	1,000

A partir de las etiquetas lingüísticas y grados de pertenencia determinados para cada indicador se realizó la evaluación a nivel de etapa. Para ello, se establecieron pesos iguales para cada uno de los indicadores establecidos en cada etapa, como se evidencia en la Tabla 11. De esta manera, se evaluaron de forma consecutiva los indicadores desde la etapa de “Ciudad con espacio público verde” con un solo indicador, hasta la etapa de “Ciudad social y ecológicamente funcional y resiliente” con todos los nueve indicadores empleados. Generando así una valoración o ponderación a nivel de etapa como se indica en la Tabla 12, obteniendo como resultado una distribución en orden de categoría lingüística y grados de pertenencia a nivel de etapa que a su vez corresponde a la distribución lingüística de los indicadores.

Los resultados de la evaluación final a nivel de etapa para Ciudad Porfía (Tabla 12 y Figura 43) indican que la etapa 1 - “Ciudad con espacio público verde” es la que presenta menor calificación con un 22,039% correspondiendo a una evaluación lingüística de “Malo” con un grado de pertenencia de 0,597. No obstante, se puede observar que dicha etapa tiene una tendencia a la etiqueta lingüística a “Muy Malo” con un grado de pertenencia de 0,403. La etapa 2 - “Ciudad con funcionalidad social y ecológica” presenta una calificación de 33,010% correspondiendo a una evaluación de “Malo” con una tendencia a “Muy Malo”. Mientras la Etapa 3 - “Ciudad con estructura ecológica integral (áreas verdes diferenciadas y complementarias)” con una calificación de 28,618% presenta una evaluación mayoritariamente “Muy Mala” con una tendencia a “Malo”. Por el contrario, las Etapas 4 y 5 con calificaciones de 39,582% y 41,129% respectivamente se evaluaron como “Malo” con ligeras tendencias a “Regular”.

*Tabla 11. Pesos asignados a los indicadores según la etapa sector ecología urbana en Ciudad Porfía.
Fuente: Elaboración propia*

Indicador	Etapas				
	Ciudad con espacio público verde	Ciudad con estructura ecológica principal	Ciudad con estructura ecológica integral	Ciudad con funcionalidad social y ecológica	Ciudad social y ecológicamente funcional y resiliente
Área verde pública por habitante	100%	50%	25%	14,29%	11,11%
Área verde protegida (EEP)		50%	25%	14,29%	11,11%
Área espacios públicos infraestructura verde por habitante			25%	14,29%	11,11%
Área espacios verdes privados			25%	14,29%	11,11%
Accesibilidad (Social)				14,29%	11,11%
Conectividad ecológica				14,29%	11,11%
Índice de naturalidad				14,29%	11,11%
Captura y almacenamiento de carbono					11,11%
Regulación Clima (Local)					11,11%

Tabla 12. Evaluación final de las etapas sector ecología urbana en Ciudad Porfía.
Fuente: Elaboración propia.

Etapas	Valoración etapa (%)	Etiquetas de evaluación				
		Muy Malo	Malo	Regular	Bueno	Muy Bueno
Ciudad con espacio público Verde	22,039	0,403	0,597	0,000	0,000	0,000
Ciudad con estructura ecológica principal	33,010	0,351	0,649	0,000	0,000	0,000
Ciudad con estructura ecológica integral (áreas verdes diferenciadas y complementarias)	28,618	0,529	0,471	0,000	0,000	0,000
Ciudad con funcionalidad social y ecológica	39,582	0,000	0,884	0,116	0,000	0,000
Ciudad social y ecológicamente segura y sostenible	41,129	0,000	0,919	0,081	0,000	0,000

La distribución de los resultados en cada una de las etapas corresponde a las valoraciones obtenidas de los indicadores (Tabla 10). Evidenciándose que la mayoría de los indicadores recibieron las etiquetas lingüísticas de “Muy Malo” y “Malo”. Sin embargo, en la Etapa 4 y 5 al considerarse el indicador “Índice de naturalidad” con una etiqueta mayoritariamente “Muy Bueno” la evaluación de las etapas cambio a “Malo” con una ligera tendencia a “Regular”. De esta manera se demuestra la correlación entre los valores a lo largo del proceso de evaluación a nivel de indicador y posteriormente de etapa. A su vez, el método de evaluación comprensiva difusa empleado a lo largo de este estudio permite evaluar aspectos diferentes de un solo sector y dar una breve evaluación de la realidad de los recursos y servicios ecosistémicos evaluadas como en este sector de ecología urbana y determinar las áreas de atención de especial atención con miras a cumplir los objetivos y metas propuestas a nivel global para un desarrollo sostenible que permitan el mejoramiento de la calidad vida en las ciudades a través de un desarrollo armónico con los ecosistemas asociados.

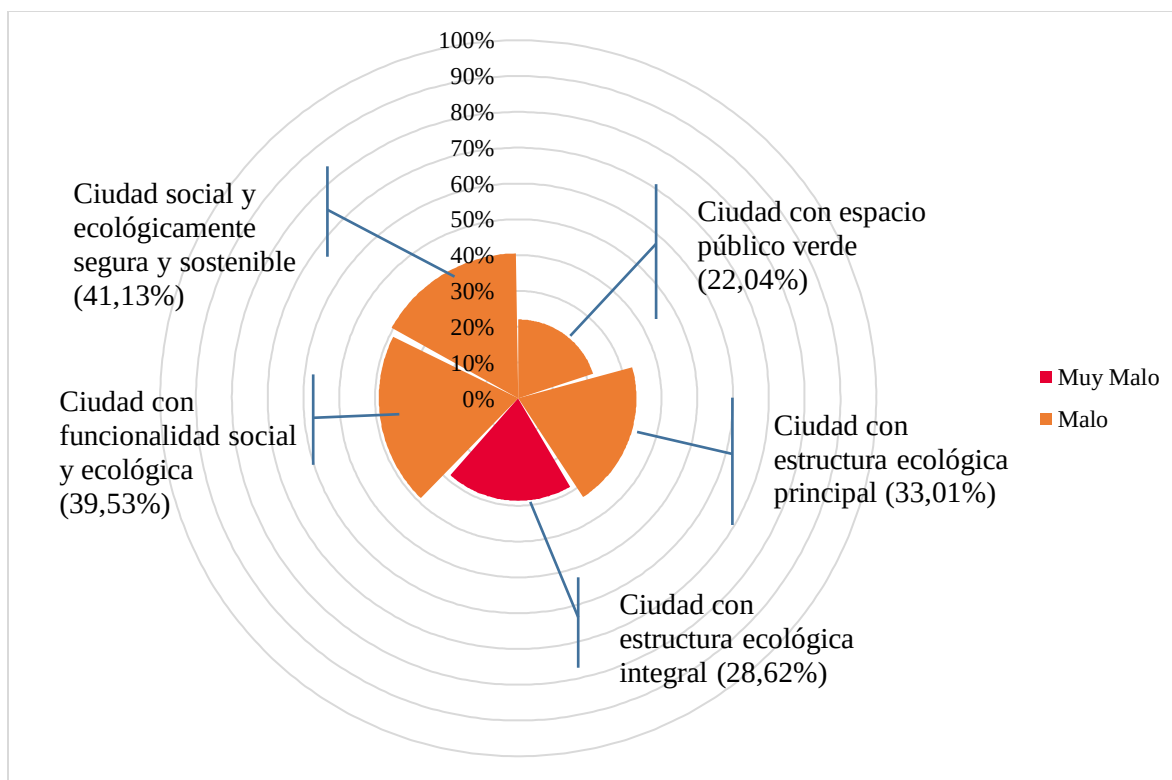


Figura 43. Valoración final de las etapas sector ecología urbana en Ciudad Porfía.
Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Componente de manejo integrado del agua

En el sector de manejo integrado del agua se evaluaron un total de doce indicadores, agrupados en seis etapas (Figura 44), estos se trabajaron en su mayoría de acuerdo a lo establecido para Ciudad Verde y bajo las mismas etiquetas lingüísticas descritas en ecología urbana. No obstante, se retiró un total de cuatro indicadores contemplados por Cadena et al., 2020 y se propusieron dos que se adaptan a la realidad de la zona de estudio junto a la disponibilidad de información, cobertura del servicio de Acueducto y continuidad del servicio de acueducto. Es necesario señalar que en este estudio los indicadores no se tomaron para la evaluación del agua potable, sino para el servicio de acueducto, dadas las particularidades de la zona de estudio donde el agua suministrada a los hogares tiene un índice medio de riesgo, por lo que no es apta para consumo humano.

Para la realización de los indicadores del sector agua se utilizó como insumo la Evaluación Integral de Prestadores de la Asociación de Gestores Comunitarios de Servicios Públicos – Asogestores elaborado por la Superintendencia de Servicios Públicos - Superservicios (2014), el Estudio sectorial de los servicios públicos domiciliarios de Acueducto y Alcantarillado de Superservicios (2019), la plataforma del Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios - SUI (2021), el Plan Regional de Monitoreo de Cormacarena (2019) y los reportes de laboratorio de análisis de muestras para calidad de agua del Sistema de Información de Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano (SIVICAP) del Instituto Nacional de Salud (INS, 2021).

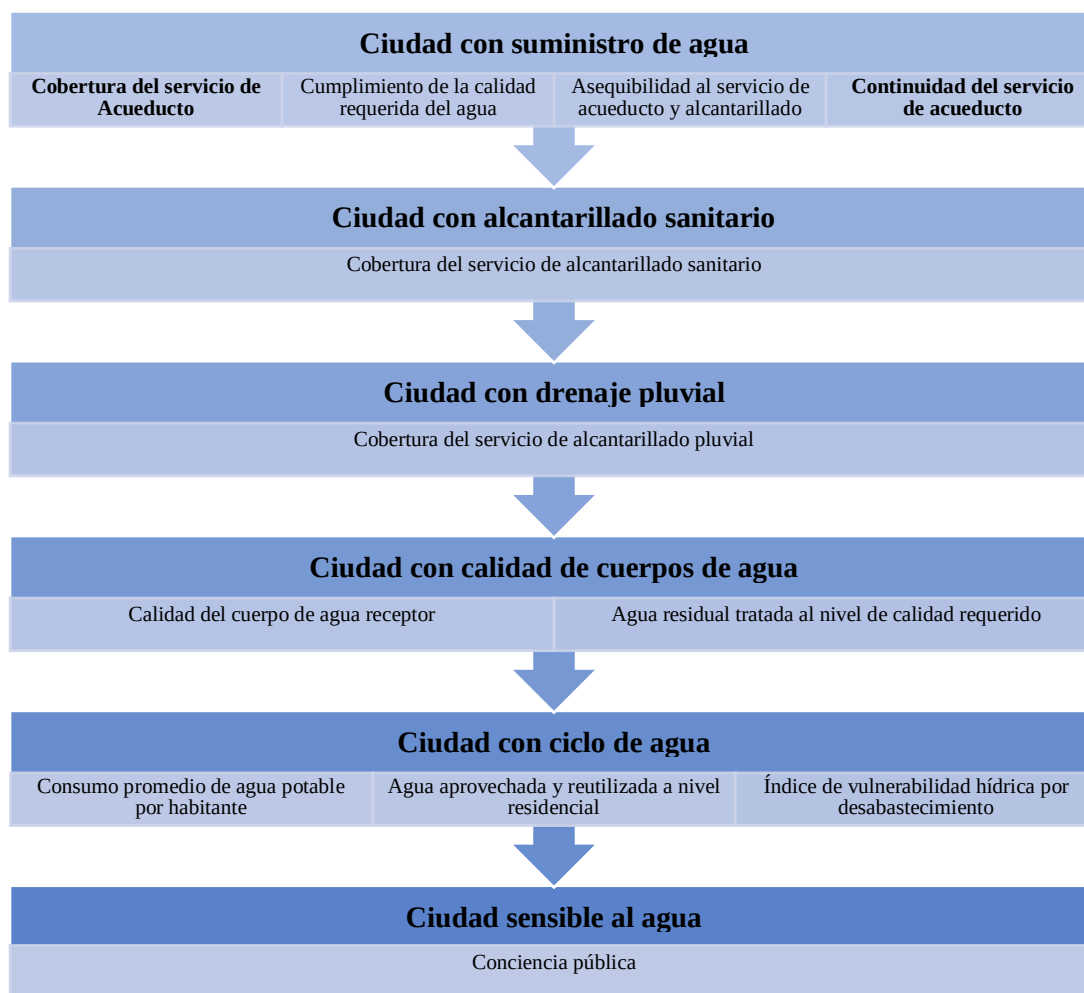


Figura 44. Etapas e indicadores del sector Manejo integrado del Agua evaluados en Ciudad Porfía, Villavicencio
Fuente: Modificado de Cadena et al. (2020).

4.2.2.1. Resultados de los indicadores

El análisis del sector del recurso hídrico de Ciudad Porfía constituye el segundo sector de evaluación del estado de los recursos naturales y servicios ecosistémicos de la cuenca hidrológica del río Ocoa en la ciudad de Villavicencio, mediante la aplicación de diferentes metodologías para recolectar información primaria y secundaria que permitiera establecer y analizar una serie de indicadores formulados y agrupados en un total de seis etapas; estas evalúan factores como el suministro y calidad del agua, la cobertura de los servicios de acueducto y alcantarillado, la calidad del agua del cuerpo receptor, el agua reutilizada, la conciencia pública de los habitantes, entre otros. Este enfoque por etapas permite vislumbrar el estado del recurso hídrico desde su etapa más básica que es el suministro hasta llegar a una ciudad sensible al uso y conservación del recurso agua. En la Tabla 13 se muestra el resumen del manejo integrado del recurso hídrico en Ciudad Porfía en cada uno de los indicadores y etapas evaluadas.

Manejo del recurso hídrico en Ciudad Porfía

El servicio de acueducto y alcantarillado en Ciudad Porfía es prestado en su gran mayoría por la Asociación de Gestores Comunitarios de Servicios Públicos de Ciudad Porfía- Asogestores. Tiene como fuente de abastecimiento superficial el cuerpo de agua denominado como caño La Linda, del cual se abastece en un

100% el sistema total de acueducto. La bocatoma ubicada en el corregimiento 1 de Villavicencio en la vereda San Luid de Ocoa cuenta con una capacidad de diseño de aproximadamente 200 L/s y con un permiso de concesión de 100.5 L/s (Superintendencia de servicios públicos domiciliarios, 2014).

En el sitio web de la empresa Asogestores se encuentra publicado un fragmento del expediente de concesión por parte de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial la Macarena (Cormacarena) de 145.26 L/s año 2023 (Asogestores, 2018), para consumo humano y uso doméstico que abastezca la Comunidad del Barrio Ciudad Porfía y se realiza mediante una bocatoma tipo presa mixta. Este sistema tiene un desarenador convencional, construido en concreto reforzado de 16 m de largo, 3 m de ancho, 3 m de fondo con su correspondiente ByPass operacional y de drenaje. La estructura de la bocatoma como la del desarenador se encuentra en buen estado (Superintendencia de servicios públicos domiciliarios, 2014).

Tabla 13. Etapas e indicadores evaluados para la dimensión de recurso hídrico con sus respectivas unidades y marcos de referencia.

Fuente: Elaboración propia. Dimensión Recurso hídrico.

Etapas	Indicador	Nombre	Valor	Unidad
Ciudad con suministro de agua	1	Cobertura del servicio de Acueducto	90,2	% cobertura
	2	Cumplimiento de la calidad requerida del agua	33,33	% muestras que cumplen
	3	Asequibilidad al servicio de acueducto y alcantarillado	Estrato 1 (AR): -88,495 Estrato 1 (NAR):4,814	% asequibilidad económica al servicio
			Estrato 2 (AR):6,994 Estrato 2 (NAR):0,113	
	4	Continuidad del servicio de acueducto	50	%continuidad año
Ciudad con alcantarillado sanitario	5	Cobertura del servicio de alcantarillado sanitario	90,9	% de cobertura
Ciudad con drenaje pluvial	6	Cobertura del servicio de alcantarillado pluvial	No aplica	No aplica
Ciudad con calidad de cuerpos de agua	7	Calidad del cuerpo de agua receptor	49.5	Índice calidad agua
	8	Agua residual tratada al nivel de calidad requerido	0	m ³ de agua residual tratada
Ciudad con ciclo de agua	9	Consumo promedio de agua potable por habitante	140,988	L/habitante/día

Etapas	Indicador	Nombre	Valor	Unidad
	10	Agua aprovechada y reutilizada a nivel residencial	47,9	% de hogares que reutilizan el agua
	11	Índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento	No aplica	No aplica
Ciudad sensible al agua	12	Conciencia pública	31,652	% de habitantes con conciencia pública

4.2.2.2. Resultados de la evaluación comprensiva difusa

Al igual que se indicó en el sector de ecología urbana, los resultados obtenidos en cada uno de los indicadores propuestos y evaluados para el sector de manejo integrado del agua, se realizó la valoración a nivel de etapas mediante el método de evaluación comprensiva difusa. Los resultados fueron valorados mediante las etiquetas lingüísticas “Muy Malo”, “Malo”, “Regular”, “Bueno” y “Muy Bueno”, tanto a nivel de indicador como de etapa. En la Figura 45 se presenta el resultado de la evaluación de los doce indicadores considerado para el sector de manejo integrado del agua, de los cuales tres son de tipo cualitativo (Continuidad del servicio de acueducto, Cobertura del servicio de alcantarillado pluvial e Índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento) y los ocho restantes de tipo cuantitativo. Como se observa en la Figura 45 los indicadores de “Asequibilidad al servicio de acueducto y alcantarillado”, “Índice de calidad en el cuerpo de agua receptor” y “Consumo promedio diario de agua por habitante” tienen asociados en su evaluación dos valoraciones lingüísticas con diferente grado de pertenencia. Los nueve indicadores restantes tienen una etiqueta lingüística con el 100% de pertenencia.

En la Tabla 14 se presentan en mayor detalle la evaluación final de cada uno de los indicadores con su valoración lingüística y respectivo grado de pertenencia. De manera que el indicador de “Asequibilidad al servicio de acueducto y alcantarillado” tiene una valoración final de “Bueno” con un 66,9% de pertenencia y una tendencia a “Regular” de 33,1%. El “Índice de calidad en el cuerpo de agua receptor” tiene una valoración lingüística de “Regular” con una pertenencia del 89,9% y una leve tendencia a “Malo” del 10,1%. Así mismo el indicador de “Consumo promedio diario de agua por habitante” obtuvo una valoración de “Malo” con un 93,4% de pertenencia y con una tendencia a “Muy Malo” del 6,6% de pertenencia. Por último, se obtuvo valoraciones del 100% de pertenencia para “Malo” en tres indicadores, “Regular” en tres indicadores, “Bueno” y “Muy Bueno” con un indicador cada uno.

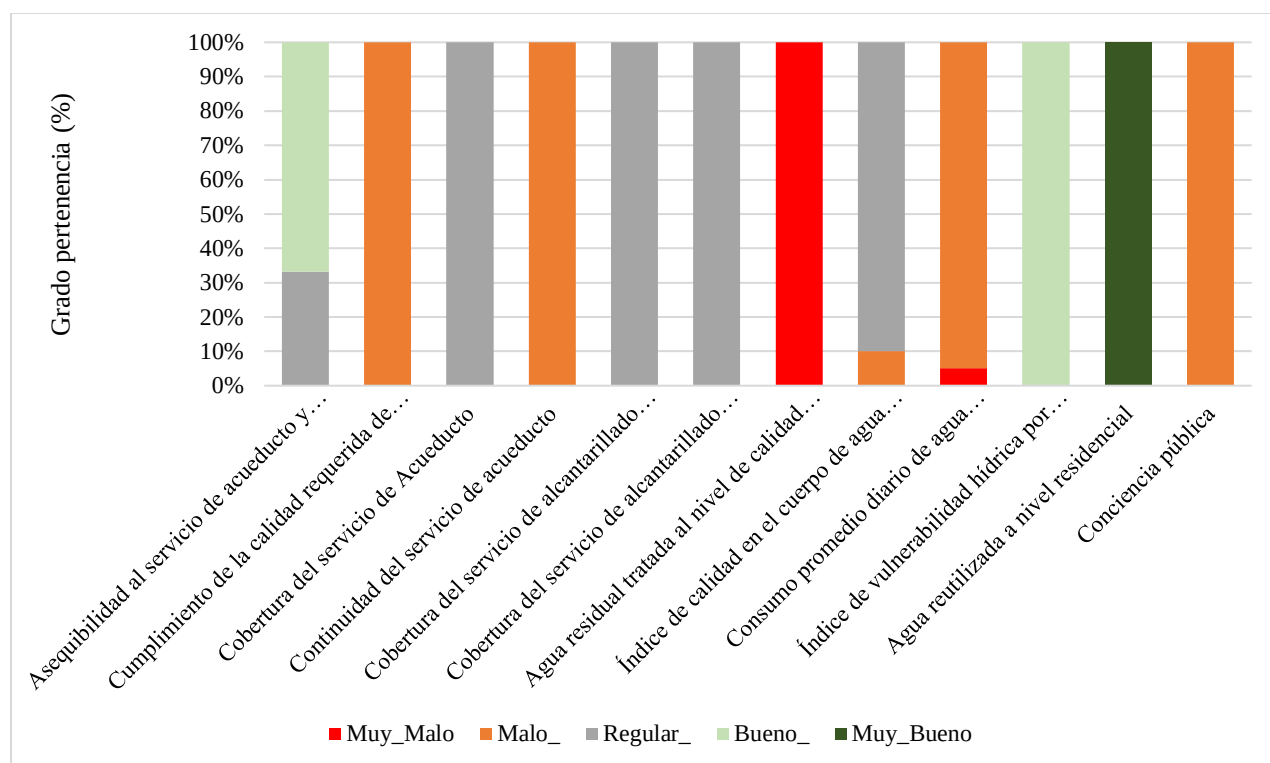


Figura 45. Evaluación de indicadores sector manejo integrado del agua en Ciudad Porfía.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Evaluación final de indicadores sector manejo integrado del agua: grado de pertenencia y etiqueta lingüística.
Fuente: Elaboración propia.

Indicadores	Grado de Pertenencia	Etiqueta
Asequibilidad al servicio de acueducto y alcantarillado	0,669	Bueno
Cumplimiento de la calidad requerida de agua	1,000	Malo
Cobertura del servicio de Acueducto	1,000	Regular
Continuidad del servicio de acueducto	1,000	Malo
Cobertura del servicio de alcantarillado sanitario	1,000	Regular
Cobertura del servicio de alcantarillado pluvial	1,000	Regular
Agua residual tratada al nivel de calidad requerido	1,000	Muy Malo
Índice de calidad en el cuerpo de agua receptor	0,899	Regular
Consumo promedio diario de agua por habitante	0,934	Malo
Índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento	1,000	Bueno
Agua reutilizada a nivel residencial	1,000	Muy Bueno
Conciencia pública	1,000	Malo

A partir de las etiquetas lingüísticas y grados de pertenencia determinados para cada indicador, se realizó la evaluación a nivel de etapa. Se establecieron pesos de 0 a 1 para cada uno de los indicadores establecidos en cada etapa, como se muestra en la Tabla 15. De esta manera, se evaluaron de forma consecutiva los indicadores desde la etapa de “Ciudad con suministro de agua” con cuatro indicadores, hasta la etapa de “Ciudad sensible al agua” con todos los doce indicadores empleados. Es de resaltar que el proceso evaluativo de cada una de las etapas se les asignó un peso mayor a los indicadores pertenecientes a la etapa

en evaluación y a la inmediatamente anterior. De esta manera se obtuvo una valoración o ponderación a nivel de etapa como se indica en la Tabla 15, teniendo como resultado la distribución de las categorías lingüísticas y sus grados de pertenencia para cada una de las seis etapas evaluadas.

*Tabla 15. Pesos asignados a los indicadores según la etapa sector manejo integrado del agua en Ciudad Porfía, Villavicencio.
Fuente: Elaboración propia.*

Indicador	Etapa					
	Ciudad con suministro de agua	Ciudad con alcantarillado sanitario	Ciudad con drenaje pluvial	Ciudad con calidad de cuerpos de agua	Ciudad con ciclo de agua	Ciudad Sensible al agua
Asequibilidad al servicio de acueducto y alcantarillado	25,00%	12,50%	10,00%	9,10%	6,25%	5,71%
Cumplimiento de la calidad requerida de agua	25,00%	12,50%	10,00%	9,10%	6,25%	5,71%
Cobertura del servicio de Acueducto	25,00%	12,50%	10,00%	9,10%	6,25%	5,71%
Continuidad del servicio de acueducto	25,00%	12,50%	10,00%	9,10%	6,25%	5,71%
Cobertura del servicio de alcantarillado sanitario		50,00%	10,00%	9,10%	6,25%	5,71%
Cobertura del servicio de alcantarillado pluvial			50,00%	9,10%	6,25%	5,71%
Agua residual tratada al nivel de calidad requerido				22,70%	6,25%	5,71%
Índice de calidad en el cuerpo de agua receptor				22,70%	6,25%	5,71%
Consumo promedio diario de agua por habitante					25,00%	12,50%
Índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento					12,50%	8,41%
Agua reutilizada a nivel residencial					12,50%	8,41%
Conciencia pública						25,00%

Los resultados para Ciudad Porfía del sector manejo integrado del agua que se resumen en la Figura 46 y Tabla 16 ponen de manifiesto que la valoración general de las etapas e indirectamente de los indicadores se ubicó entre las etiquetas lingüísticas de “Malo” y “Regular”. En específico la etapa 1 - “Ciudad con suministro de agua” es la que presenta una calificación de 59,845% correspondiendo a una evaluación lingüística de “Malo” con un grado de pertenencia de 0,540 y tiene una tendencia a la etiqueta lingüística “Regular” con un grado de pertenencia de 0,460. La etapa 2 - “Ciudad con alcantarillado sanitario” presenta una calificación de 68,868% correspondiendo a una evaluación de “Malo” con 0,734 de pertenencia y 0,266 para la etiqueta de “Regular”. Mientras la Etapa 3 - “Ciudad con drenaje pluvial” con una calificación de 66,503% presenta una evaluación mayoritariamente “Regular” con una tendencia a “Malo”. La Etapa 4 - “Ciudad con calidad de cuerpos de agua” con una calificación de 49,104% presenta una valoración de

“Malo” con una ligera tendencia a “Regular”. Por último, las Etapas 5 y 6 con calificaciones de 56,850% y 51,854% respectivamente se valoraron con etiquetas “Malo” con ligeras tendencias a “Regular”.

Tabla 16. Evaluación final de las etapas sector manejo integrado del agua en Ciudad Porfía. Fuente: Elaboración propia.

Etapas	Valoración etapa (%)	Etiquetas de evaluación				
		Muy Malo	Malo	Regular	Bueno	Muy Bueno
Ciudad con suministro de agua	59,845	0,000	0,540	0,460	0,000	0,000
Ciudad con alcantarillado sanitario	68,868	0,000	0,734	0,266	0,000	0,000
Ciudad con drenaje pluvial	66,503	0,000	0,311	0,689	0,000	0,000
Ciudad con calidad de cuerpos de agua	49,106	0,000	0,856	0,144	0,000	0,000
Ciudad con ciclo de agua	56,850	0,000	0,235	0,765	0,000	0,000
Ciudad Sensible al agua	51,854	0,000	0,519	0,481	0,000	0,000

La distribución de los resultados en cada una de las etapas para el sector de manejo integrado del agua corresponde con las valoraciones obtenidas de los indicadores de la Tabla 14. Donde al menos el 66% de los indicadores tuvo una etiqueta lingüística de “Regular” o “Malo”. No obstante, solo dos indicadores (Índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento y Agua reutilizada a nivel residencial) tuvieron un buen desempeño al ser evaluados bajo la etiqueta de “Bueno” y “Muy Bueno”, los cuales invirtieron la tendencia de las etapas de “Malo” a “Regular” durante su ponderación en la Etapa 5 – “Ciudad con ciclo de agua”. De esta manera se demuestra la correlación entre los valores y los pesos asignados a lo largo del proceso de evaluación a nivel de indicador y posteriormente de etapa.

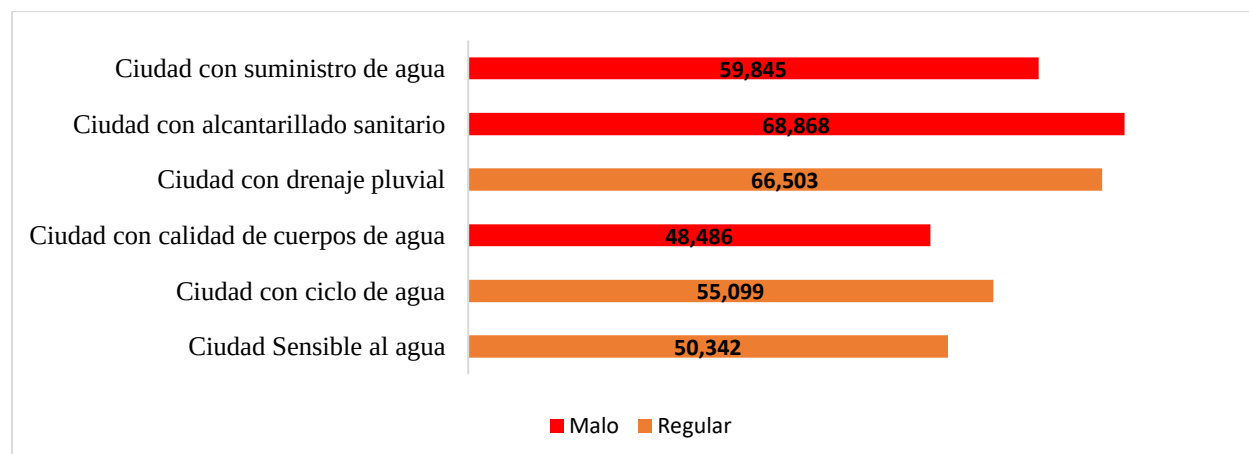


Figura 46. Valoración final de las etapas sector manejo integrado del agua en Ciudad Porfía. Fuente: Elaboración propia.

De igual forma, se resaltan las etapas de especial atención para los tomadores de decisiones en el manejo integrado del agua como los son las etapas de “Ciudad con suministro de agua”, “Ciudad con alcantarillado sanitario” y “Ciudad con calidad de cuerpos de agua” que se valoraron en mayor medida bajo la etiqueta de “Malo” en la Figura 46, producto de los problemas identificados en la calidad y continuidad del servicio de abastecimiento de agua, que de momento no se cataloga como apta para consumo humano. A su vez se identificaron problemas en la cobertura de los servicios de acueducto y alcantarillado a nivel local y, a nivel de cuenca por la falta de sistemas de tratamientos de aguas residuales en la ciudad, provocando la

contaminación del recurso hídrico durante el vertimiento de las aguas residuales no tratadas al río Ocoa, principal componente de la cuenca de estudio.

4.3. Conclusiones

A partir del estudio realizado en Ciudad Porfía se logró evaluar un total de 21 indicadores, nueve correspondientes al sector de ecología urbana y doce del sector de manejo integrado del agua. De este último, dos de los indicadores fueron propuestos en este estudio, dadas las particularidades acceso al agua en la zona de estudio. En el sector de ecología urbana, gracias a la disponibilidad de datos actuales o fácil obtención de estos de a través de imágenes aéreas o satelitales, los indicadores y etapas evaluadas presentaron un mayor alcance y se aproximaron más a la realidad de Ciudad Porfía.

En lo que respecta a la disponibilidad y funcionalidad de los espacios verdes presentes en el área, se encuentra un déficit en el número y extensión de las áreas verdes con equipamientos funcionales en Ciudad Porfía. Lo cual se encuentra asociado a procesos de desarrollo urbano no planificado que han limitado la distribución y accesibilidad de espacios verdes per cápita, generando que esta sea inferior al mínimo estimado por la OMS.

Ahora bien, los asentamientos han afectado la disponibilidad de áreas verdes públicas, áreas verdes privadas y áreas de especial importancia ecológica. Los resultados indican que Ciudad Porfía solo dispone de tres escenarios deportivos, de los cuales solo dos poseen cobertura vegetal; una sola área verde privada y las franjas de protección del río Ocoa y del caño Corcovado. Sin embargo, según lo observado, las franjas de protección del recurso hídrico siguen siendo afectadas por procesos recientes de asentamientos, ocasionando que aumente la vulnerabilidad a fenómenos como inundaciones y alteraciones en el microclima.

Adicionalmente, la baja accesibilidad social a espacios verdes, obliga a los habitantes a realizar sus actividades de esparcimiento fuera de Ciudad Porfía. Pero un factor importante que limita la accesibilidad es la asociación de los parques con actos de delincuencia que pone en riesgo su integridad física. Es así como los indicadores tuvieron una valoración entre “Malo” y “Muy Malo” en la disponibilidad y funcionalidad de los espacios verdes presentes en el área de estudio. Ante este déficit de áreas se hace necesaria la recuperación y aumento de la infraestructura verde actual para el restablecimiento de los bienes y servicios ecosistémicos que le proporcionan a los habitantes de ciudad Porfía.

En relación con el manejo integrado del agua se encuentra que la presencia del servicio de acueducto y alcantarillado en Ciudad Porfía, no representa el acceso a agua potable, ni garantiza la continuidad del servicio para satisfacer las necesidades básicas, y a su vez, tampoco implica el saneamiento de las aguas residuales. Este panorama puede estar asociado a los aspectos de gestión comunitaria del recurso, que limita los alcances de infraestructura, dado que históricamente las condiciones tarifarias han permanecido por debajo de la media nacional y no se ha realizado instalaciones de equipos de medición que permita una mejor gestión del recurso hídrico.

Actualmente el sistema de acueducto de Ciudad Porfía tiene un 69% de pérdidas de agua y un consumo de superior a 100,5 L/hab/día por lo que se hace necesario incluir los índices de pérdidas por usuario facturado e índice de agua no contabilizada, junto con una adecuación de redes e instalación de equipos de micro y macromedición para disminuir las pérdidas de agua, que estén afectando la continuidad del servicio.

Los indicadores de servicio de acueducto y alcantarillado evaluados, están limitados a una valoración contemplada en un solo escenario, donde los recursos de los hogares alcanzan a suplir las necesidades básicas entre ellas el costo de los servicios públicos y desestima los escenarios donde los recursos

insuficientes. Aunque en Ciudad Porfía no son representativos el número de habitantes en estrato 1 y en condición de arriendo, el valor de asequibilidad en un -89.495%, hace evidente que las dinámicas económicas limitan el acceso a los servicios públicos.

Las etapas Ciudad con suministro de agua, Ciudad con calidad de cuerpos de agua, Ciudad con ciclo de agua se ubicaron en las etiquetas lingüísticas de “Muy Malo” producto de la falta de información y la ausencia de Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) por parte del prestador del servicio. De modo que es claro indicar que las empresas prestadoras del servicio de alcantarillado no contribuyen al saneamiento ambiental del río Ocoa. Sumado a esto, infraestructura para sistema de manejo de las aguas pluviales en Ciudad Porfía es insuficiente, lo que afecta directamente la calidad de vida de los habitantes quienes se ven expuestos a inundaciones de las áreas comunes e incluso sus hogares en época invernal.

Aunque se asume para este proyecto que la oferta hídrica suplirá las necesidades hasta el 2050 de la población de Ciudad Porfía, es necesario la generación de información referente a la oferta y demanda del recurso hídrico, para poder hacer un uso eficiente del recurso frente al incremento de usuarios y la densidad poblacional de los hogares en los próximos años.

El indicador de agua aprovechada y reutilizada a nivel residencial es el único ubicado en la categoría lingüística de “Muy Bueno”. En este caso, existe un potencial frente al reúso de agua gris y la disminución del consumo de agua por hogar que puede ser explotado para la disminución de la demanda y mayor eficiencia del recurso.

5. Retroalimentación sobre la metodología y trabajo futuro

5.1. Manizales

La metodología presentada para el sector “Movilidad Sostenible” es de fácil comprensión, facilitando su replicabilidad en ambientes diferentes al planteado en el caso de estudio de “Ciudad Verde”. Para Manizales se optó por calcular la mayor cantidad de indicadores posibles a partir de información secundaria, alcanzando a calcular 16 de 18 indicadores. De los dos que no se alcanzaron a calcular, uno se descartó debido a que en Manizales no se cuenta con Sistema Integrado de Transporte Masivo y el segundo por falta de información base. A pesar de ello, la metodología cuenta con la bondad de que se adapta a las condiciones de información disponible e indicadores calculados. Por otra parte, las fuentes de información para la replicabilidad de esta metodología en otras ciudades y contextos puede ser enteramente de acceso abierto tal como las redes de transporte y equipamientos que pueden ser extraídas de OpenStreetMaps, las zonas de análisis y población se pueden obtener del DANE, los datos de movilidad a partir de la última encuesta origen destino realizada en la ciudad y los datos de percepción a partir de la encuesta de percepción ciudadana de la red de ciudades cómo vamos la cual se hace año a año. Para el caso de Manizales, la única fuente diferente fue la red de transportes y los equipamientos los cuales se obtuvieron a partir de investigaciones previas y con ayuda de la alcaldía municipal.

Para Manizales se optó por calcular teniendo en cuenta las 12 comunas establecidas por el Concejo Municipal y el municipio de Villamaría cómo la “Comuna 13”. Además, Manizales en su conjunto se tomó cómo otra unidad de análisis. Luego de tener la información base, la mayor dificultad era el tiempo que tomaba calcular cada indicador para cada comuna dado que se debían realizar 224 mediciones teniendo en cuenta que teníamos 14 zonas y 16 indicadores. En este momento, la solución encontrada fue programar el cálculo de indicadores en lenguaje “Python” por lo que a partir de cierta información un código permitía obtener cada indicador para las 14 zonas de análisis sin tener que repetir el mismo procedimiento una y otra vez.

Después de tener todos los indicadores calculado para las 12 Comunas, Villamaría y Manizales, se evaluaron a través de la metodología comprensiva difusa. En este caso se consideraron las mismas etiquetas usadas para Ciudad Verde en Bogotá en los casos que los indicadores tuvieran las mismas dimensiones. Si, por el contrario, se debía hacer un cambio en las etiquetas se usó “criterio de experto” o las instrucciones dadas en la metodología. En este punto hace falta una guía definida para el ajuste de las etiquetas con el objetivo que no queden a criterio subjetivo de expertos de la ciudad de origen, sino que vengan a partir de una metodología concreta.

Luego de obtener los resultados a partir de la evaluación comprensiva difusa, el reto principal era la presentación de resultados por lo que en algunos casos se decidió presentar a partir de tablas y en otros a partir de mapas. Se recomienda que se establezca una forma dinámica para la presentación y comparación de resultados ante los tomadores de decisión y grupos de interés debido a que al ser muchas zonas e indicadores se hace difícil el despliegue de los resultados principales. Al tener datos a nivel ciudad en distintas zonas geográficas e indicadores de variada índole, una forma eficaz de presentar los resultados sería un “dashboard” que permita a las personas navegar de forma dinámica y clara a través de los resultados en distintas zonas e indicadores y que además permita la comparación entre zonas e indicadores.

Teniendo en cuenta la evaluación comprensiva difusa la mayoría de las comunas en Manizales poseen un desempeño “Muy Malo” y “Malo” en lo que se refiere a la accesibilidad a los equipamientos de salud y universidades en 15 minutos o menos a través del transporte público. Sería interesante estudiar este comportamiento en una ciudad que busca establecerse cómo “Campus Universitario” a nivel nacional. Por

otro lado, la satisfacción con el transporte público y el entorno urbano se encuentra cómo “Muy Bueno” y “Bueno” en todas las comunas por lo que con la accesibilidad al transporte público local (oferta de paraderos), se convierten en los mejores indicadores en todas las comunas. Es urgente analizar estos resultados adversos en la accesibilidad brindada por el sistema con el acceso a los paraderos.

Finalmente, teniendo en cuenta la evaluación por etapas de la metodología comprensiva difusa, la Comuna 4 es la que mejor desempeño tiene. Esta comuna se encuentra al lado derecho del centro histórico y al lado izquierdo del Cable, dos de los polos atractores de viajes más importantes de la ciudad. Además, se encuentra sobre la arteria principal de la ciudad, la Avenida Santander y sus habitantes son estrato medio y alto. Esta comuna posee 6 indicadores en “Muy Bueno” y 1 en “Bueno”. Por otro lado, la Comuna 2 es la que peor desempeño tuvo. La Comuna 2 se encuentra en la parte norte del centro histórico y posee la menor cantidad de habitantes. Durante los últimos años se ha llevado a cabo sobre ella un proyecto de renovación urbana y social denominado “Macroproyecto San José” el cual ha tenido críticas a nivel local y nacional por múltiples situaciones en ámbitos como el social, ambiental, urbano, entre otros. En esta comuna 2 indicadores se consideran “Muy Bueno” y 5 “Bueno”.

5.2. Barranquilla

A continuación se presentan los resultados de un análisis tipo FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) encontradas en el modelo propuesto por Uniandes.

Fortalezas

1. Es un modelo que contempla diferentes dimensiones de la sostenibilidad incluyendo una visión dinámica y evolutiva de la ciudad.
2. Los indicadores formulados para el modelo tienen cierta flexibilidad para ser aplicados de forma progresiva según la categorización que se realice en cada variable (p.e. espacios públicos verdes tienes tres categorías), permitiendo ver la evolución de los indicadores desde una condición actual y proyectada hacia el futuro en la búsqueda de mejora de la sostenibilidad de la ciudad.
3. A partir de la aplicabilidad de los indicadores es posible identificar áreas de importancia para la transformación hacia una ciudad más sostenible. Esta identificación varía desde áreas de importancia ecológica susceptible de fortalecer mediante instrumentos de protección, áreas con vacíos de elementos para la sostenibilidad importantes para focalizar los esfuerzos de mejora transformación.
4. El modelo se convierte en una nueva herramienta que permite un importante grado de comparabilidad, así como de trazabilidad para realizar seguimiento a lo largo del tiempo, particularmente en las dimensiones de sostenibilidad ecológica urbana y del recurso hídrico que se proyectan cada vez más esenciales al tiempo que sujetos a degradación creciente.

Oportunidades

1. El modelo es susceptible de contemplar nuevos indicadores o formulaciones que incluyan variables asociadas a la funcionalidad ecológica, principalmente relacionada con la integridad del pasaje, la funcionalidad de las especies.
2. Dada la importancia del modelo que permite hacer seguimiento a la mejora de la sostenibilidad urbana y a la necesidad de contar con la información base para construir los indicadores, se presenta la oportunidad de solicitar a las entidades generadoras de la información base el acceso libre a dicha información. Además de la construcción de un espacio virtual que permita almacenar y usar la información para diversos propósitos.
3. Ampliar su capacidad para que pueda ser útil para localidades no necesariamente planificadas o que tienen deficiencias importantes de planificación, que constituyen una buena parte del territorio colombiano.
4. Se pueden incluir indicadores nuevos para hacerlo más flexibles y aplicable a territorios complejos.

Debilidades

1. No considera ciertos atributos físicos característicos de los humedales costeros. Particularmente la geomorfología costera, las dinámicas marinas, el comportamiento estuario de los humedales costeros y los diferentes tipos de ambientes sedimentarios allí presentes.
2. A pesar de que el modelo considera teóricamente los servicios de los ecosistemas, ninguno de los indicadores propuestos los aborda directamente. Una oportunidad de mejora sería incluir indicadores por grupos de servicios de los ecosistemas (abastecimiento, regulación, culturales) que las ciudades puedan aplicar según la relevancia particular de estos servicios.

3. Ningún indicador recoge la valoración social de las áreas verdes urbanas, la cual es fundamental para evaluar si la ciudadanía es sensible a la biodiversidad.
4. El componente de ecología urbana aborda únicamente las áreas verdes, pero podría tener una visión más integral en la que se incluyan otros ecosistemas urbanos como humedales, ríos, zonas de cultivos, etc que le aportan servicios ecosistémicos y contribuyen a la sostenibilidad urbana.
5. El modelo no considera otros niveles de organización de la biodiversidad, como especies de fauna y flora que pueden ser indicadores del estado ecológico de la ciudad. Existen ejemplo de especies de fauna y flora que representan una importancia en el equilibrio ecosistémicos pero también en el sostenimiento económico territorial, como ciertas especies de peces, por ejemplo.
6. En algunos puntos podría no conseguir expresar problemáticas muy complejas que se tienen en territorios particulares.
7. Requiere de información con un nivel alto de organización para estimar el valor de los indicadores. Además, en algunos casos tiene cierta dependencia de que los generadores de información permitan o no el acceso a ella. Esto hace que en algunos casos, aunque la información existe y debería ser pública, no se puede estimar el indicador, porque no hay accesos a la información necesaria.
8. Como está planteado y estructurado, puede tener aplicabilidad limitada a algunas áreas o territorios con características especiales, que se podrían llamar complejas.

Amenazas

1. La aplicabilidad del modelo es altamente sensible a la calidad de la información (principalmente escala y actualización) proveniente de cada entidad responsable en la ciudad (p.e. autoridad ambiental, entidades servicios públicos) y a su disponibilidad en formatos adecuados para su uso.
2. El modelo es rígido o carece de la flexibilidad necesaria para contemplar la sistemas dinámicos y cambiantes como lo son los ecosistemas de humedal y costeros, que son altamente variables dado su expansión/contracción.
3. Deber ser considerado en el modelo a variables de entrada que permitan evaluar los indicadores del componente marino – costero, dado que a diferencia de los humedales continentales, los humedales costeros son afectados por huracanes (fenómenos de baja presión), frentes fríos, nortes y mareas de tormenta. Información que es de vital importancia para evaluar la vulnerabilidad de los centros urbanos cercanos a la costa.
4. El modelo puede correr el riesgo de limitarse a ciudades / territorios con una relativa alta capacidad técnica y financiera. Esto debido a que la mayoría de los municipios en Colombia son pequeños y no disponen de los recursos (técnicos, financieros y de información) para su aplicación.
5. La calidad de la información condiciona fuertemente los resultados que arroja el modelo.
6. Puede caer en desuso y no cumplir su finalidad, si no se adapta a las particularidades que se presentan en zonas no planificadas.

5.3. Villavicencio

El ejercicio de aplicar en Ciudad Porfía la herramienta de análisis desde los sectores de ecología urbana y manejo integrado del agua, consistió en un reto por las diferencias geográficas, sociales y culturales que existen comparados con el anterior caso de estudio Ciudad Verde, en Soacha, Cundinamarca. Ciudad Porfía es producto de asentamientos ilegales desde la década de los 80s y Ciudad Verde es un macroproyecto de viviendas de interés social desarrollado bajo un plan único, por lo que los indicadores fueron modificados, según las necesidades identificadas. Adicional, la aplicación y resultados que se lograron obtener están limitados por el tiempo de desarrollo del proyecto, puesto que esto dificulta la recopilación de información primaria y el acceso a información secundaria por la negativa de las entidades a suministrar en un espacio corto de tiempo.

Para Ciudad Porfía la seguridad actuó como un factor limitante para la recolección y procesamiento de información específica en algunos sectores. El equipo de trabajo identificó áreas del barrio donde el ingreso estaba restringido principalmente por los sucesos continuos de robo y atraco a mano armada que acontecen con frecuencia. Aunque cabe resaltar que la información era suministrada por la comunidad que en el transcurso del tiempo de encuesta le indicaba los límites hasta donde era seguro el ingreso.

Los resultados son una oportunidad para que los indicadores evaluados contemplen cambios para áreas que estén enfrentando un desarrollo de asentamiento urbano no planificado y/o asentamientos precarios, tanto antiguos como recientes que no tienen el acceso garantizado a los servicios públicos de manera inmediata, sino que los suplen poco a poco a través de alternativas no reguladas o poco convencionales. Si bien se pudo realizar una calificación para 21 indicadores, el contexto local no facilita el análisis, producto de un mismo denominador común la ausencia de información secundaria actualizada o en su defecto la ausencia total.

5.3.1. Sector Ecología Urbana

Aunque los indicadores de ecología urbana son de fácil aplicación se realizan las consideraciones pertinentes a fortalezas y debilidades, amenazas y oportunidades que el equipo identificó a lo largo de la ejecución del proyecto.

Tabla 17. Debilidades y fortalezas identificadas en la herramienta “Systemic perspectives on low carbon cities in Colombia – An integrated urban modeling approach for policy and regulatory analysis” en Ciudad Porfía para el Sector Ecología Urbana.

Fuente: elaboración propia.

DEBILIDADES	• La información requerida para los indicadores está en diferentes escalas espaciales y temporales. Adicional la información requerida existe en forma dispersa o incompleta, lo que dificulta su recopilación. Ejemplo: La información para • Los datos sobre el número total de habitantes son proyecciones o estimados porque los datos del DANE no están discriminados por barrio en la actualidad. • La falta de información requerida por entidades específicas que se niegan a suministrarlas. • Falta de información confiable porque la disponible no está actualizada en sectores de invasiones donde las entidades encargadas de la planeación no han realizado los levantamientos de información. Sin importar si la invasión es reciente o lleva establecida bastante tiempo como es el caso de ciudad Porfía. • La segregación espacial producto de procesos de invasión puede influir en los resultados, puesto que ocasiona zonas con mayor densidad de edificaciones y menor disponibilidad de áreas verdes. • Los indicadores evalúan la cantidad de las áreas, pero no evalúa la calidad de las mismas o los problemas ambientales a los que se están enfrentando en la actualidad. • La interpretabilidad de los indicadores requiere de un conocimiento específico. • El indicador de captura de carbono requiere de identificación en campo de especies presentes y un equipo capacitado para la estimación. El tiempo de ejecución del proyecto es restrictivo para la consecución de la información.
FORTALEZAS	• Los indicadores son de fácil estimación, si se tiene acceso a herramientas tecnológicas que permita el cálculo de las áreas, para este caso el uso de Software libres es una ventaja, puesto que no es necesario el uso de equipos especializados. Además, puede estimarse en proyectos con escaso límite de tiempo. • Permite reconocer la percepción de la comunidad sobre la importancia de espacios verdes dentro de las zonas urbanas. • Permite la estimación de la vulnerabilidad urbana ante fenómenos naturales.
OPORTUNIDADES	• Representa la actualización de la información referente a espacios con función ecológica y social. También facilita la valoración de los recursos desde el aspecto social que puede contribuir a generar información primaria en los vacíos de información de las entidades encargadas. • Genera información básica para Planes de Mejoramiento de las Áreas de importancia ecológica como las rondas hídricas. Ejemplo: Consolida información base sobre las especies vegetales que componen la cobertura vegetal de un área. • Podría estimarse la inclusión de indicadores de proceso, que evalúen si existen progresos a nivel de quinquenios y decenios en los planes planteados por los gobiernos.

AMENAZAS	• Equipo encargado del proyecto requiere de conocimiento específico para listados de especies y manejo de softwares involucrados. • La calidad de las imágenes satelitales obtenidas y fecha de los ortofotomosaicos puede influir en la confiabilidad del resultado. Ejemplo para Ciudad Porfía se cuenta con un ortofotomosaico del año 2008. • Pueden concurrir diferentes tipos de urbanización en la misma área de estudio. Por ejemplo, proyectos de viviendas de interés social, asentamientos de carácter legal e ilegal. • La accesibilidad al área de estudio puede estar limitada por procesos de inseguridad: En Ciudad Porfía se identificó zonas donde por episodios de delincuencia el ingreso no era recomendado. • Entidades territoriales que desconocen los equipamientos de tipo público en las áreas de estudio. Caso particular la Secretaría de Planeación desconoce el equipamiento e infraestructuras de tipo público en Ciudad Porfía. • Las imágenes para análisis de vegetación, coberturas, superficies y temperaturas, pueden estar amenazadas por la escala en zonas de estudios pequeños.
----------	--

5.3.2. Sector Manejo Integrado de Agua

Este sector estuvo sujeto a cambios en los indicadores por las condiciones propias de Ciudad Porfía. Por consiguiente, a continuación, presentamos las consideraciones pertinentes a fortalezas y debilidades, amenazas y oportunidades que el equipo identificó a lo largo de la ejecución del proyecto.

Tabla 18. Debilidades y fortalezas identificadas en la herramienta “Systemic perspectives on low carbon cities in Colombia – An integrated urban modeling approach for policy and regulatory analysis” en Ciudad Porfía para el Sector Agua.

Fuente: elaboración propia

DEBILIDADES	• La Calidad, confiabilidad, disponibilidad y periodicidad de los datos disponibles. • Dificultad de la recopilación de la información. Caso particular: rehusó de las entidades a brindar información. • Se debe reajustar los indicadores para áreas donde el agua no es potable. Caso particular de Porfía el indicador no se realiza sobre el agua potable, sino que se rediseña por Asequibilidad al servicio de acueducto. • Los indicadores propuestos pierden su carácter de universal porque no se adaptan a la evaluación de diferentes matrices en un mismo espacio o zona de estudio, ejemplo entre estratos u escenarios donde el servicio de acueducto es prestado por una empresa diferente a la prestadora del servicio de alcantarillado. • Los indicadores requieren de la presencia de equipos o tecnologías específicas para obtener los datos. • La ausencia de estaciones y redes de monitoreo en el área. Sumado a esto, es la difícil consecución de la información por parte de las entidades encargadas del monitoreo en Villavicencio.
-------------	--

FORTALEZAS	• Permite identificar aspectos positivos y negativos del servicio, y cómo esto puede estar relacionado con el desarrollo urbano de la zona de estudio, en este caso Ciudad Porfía. • Son pertinentes para evaluar la cobertura y el estado del servicio de alcantarillado sanitario en la zona de estudio, por lo que se identifica el porcentaje de habitantes que cuentan con este servicio. • Representatividad de los datos obtenidos con respecto al efecto negativo de la ausencia del drenaje pluvial a nivel social, ambiental y urbanístico como sucede en Ciudad Porfía. • Se genera una valoración aun cuando no se cuenta con la infraestructura e información del sistema. • Los indicadores son útiles porque permiten identificar el deterioro en cuanto a la calidad de los cuerpos de agua receptores, en este caso particular Río Ocoa. • Permite identificar el uso de fuentes alternas (aguas grises y aprovechamiento de agua lluvia en las viviendas. • Reconoce el rol social sobre el manejo y cuidado de los recursos, caso particular el de los cuerpos de agua en Ciudad Porfía.
OPORTUNIDADES	• Inclusión de nuevos indicadores acordes al área de interés. Por ejemplo, indicadores para zonas donde históricamente el servicio de acueducto es suspendido en épocas de altas y bajas precipitaciones por disminución en los caudales o daños ocasionados por eventos físicos en la red de distribución. • Inclusión del indicador de Agua No Contabilizada para áreas donde el servicio de acueducto no cuenta con equipos de micromedición. • Reconocer los diferentes servicios de alcantarillado presentes en una zona, que no sean prestados por un sistema de alcantarillado municipal o comunitario. • Considerar aumento en la demanda de los servicios públicos en función del aumento de la población. • Incluir dentro de los análisis otros sistemas de manejo de aguas residuales como pozos sépticos. • Proponer medidas de mejora para los cuerpos de agua receptores de aguas residuales

AMENAZAS	• Ausencia de información estadística para las estimaciones. • La participación ciudadana puede ser un factor decisivo en la consecución de la información. • Escenarios donde una empresa presta el servicio de alcantarillado y otra presta el servicio de acueducto. • Proyectos inexistentes del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) o Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales. Caso particular Ciudad Porfía donde las aguas residuales son drenadas y vertidas al río Ocoa. • Limitados recursos y tiempo para realizar muestreos propios. • No contar con los instrumentos, mediciones tanto del volumen del agua residual captado y entregado y equipos de medición y/o estructura de caudal o volumen. • Conflictos sociales y económicos en el área de estudio. Caso particular enfrentamiento entre la comunidad y empresas prestadoras del servicio. • Sujetas a percepción y conocimiento de las personas. • Falta de información que existe por parte de las entidades correspondientes.
----------	---

5.4. Retroalimentación caso de estudio Ciudad Verde

Como parte de la difusión de los resultados del proyecto, se llevó a cabo la una sesión de discusión y retroalimentación sobre el caso de estudio Ciudad Verde con el equipo del proyecto y representantes de la constructora Amarillo, la Agrupación Social Ciudad Verde y la Corporación Responder. Dentro de los puntos tratados se resaltó la necesidad de enfocar las conclusiones y recomendaciones de tal forma que estas sean aplicables a la manera cómo opera el sector constructor bajo las reglas actuales. Esto con el fin de promover ejercicios de retroalimentación, esenciales para contribuir a la corrección de deficiencias y redireccionamiento de esfuerzos. Adicionalmente, se resaltó la necesidad de considerar el contexto a la hora de realizar caracterizaciones iniciales, ya que esto puede generar externalidades negativas o positivas, las cuales deberían medirse para relativizar los resultados.

Por otro lado, la discusión evidenció la importancia de que, en próximos ejercicios relacionados con la conceptualización, construcción y caracterización de desarrollos urbanos sostenibles, se incluyan más actores y visiones para enriquecer el análisis y hacerlo más colectivo. Así mismo, se manifestó la necesidad de enfatizar, en otras oportunidades, el carácter evolutivo y de autogestión de la metodología propuesta, para la cual es inevitable y fundamental identificar falencias y oportunidades de mejora de los desarrollos urbanos. De esta manera, se puede establecer en el camino e identificar las acciones requeridas para alcanzar los objetivos de sostenibilidad. Lo anterior, evidencia los pasos a incorporar en la metodología en etapas futuras: la medición de los efectos en los indicadores por la implementación de las acciones de mejora propuestas. Finalmente, se consideró pertinente tener en cuenta las bondades de proyectos urbanísticos como Ciudad Verde, los cuales no hicieron parte del marco de análisis del proyecto. Esto se debe a que los indicadores propuestos fueron planteados para ser aplicados a diferentes casos de estudio, con lo cual algunas ventajas de este tipo de intervenciones no fueron contempladas.

A partir de la experiencia obtenida con el proyecto Salitre, Ciudad Verde se establece como un macroproyecto que ofrece viviendas económicas con especificaciones urbanísticas comparables a los mejores barrios de Bogotá. Lo anterior se debe a que esta escala de intervención permite el crecimiento urbano ordenado y planificado, evitando así la agregación de lotes o manzanas no planificadas que reducen los espacios adecuados para construir equipamientos y zonas verdes de la escala necesaria. Además, se exploró la posibilidad de competir con la asequibilidad económica de barrios informales. Con este propósito, se procuró que el valor de las cuotas mensuales no excediera considerablemente el obtenido mediante arriendo en dichos barrios. Lo anterior implicó proponer nueva legislación de financiación y la creación de subsidios para facilitar la adquisición de vivienda por parte de familias con bajos recursos.

Por otro lado, se consideró el grado de articulación entre la normativa urbanística, jurídica y económica y su aplicabilidad a la escala de este tipo de proyectos. También se tuvo en cuenta la existencia de procedimientos claros que permitieran al sector público y privado sumar esfuerzos en la asignación de responsabilidades que condujeran a lograr un mejor hábitat. A este propósito se suma el análisis de mecanismos que permitieran la construcción de comunidad multi-estrato, de ser posible, y así propiciar el mantenimiento de los componentes del proyecto, por ejemplo, la preservación de zonas verdes, la prestación de vigilancia, la facilitación de resolución de conflictos, entre otros. Lo anterior, propició la creación de "agrupaciones sociales", las cuales han sido de gran utilidad para los residentes y para la sostenibilidad del proyecto. Si bien los conjuntos cerrados tienen implicaciones en la vivencia del espacio público y de los principales recorridos peatonales promueven la sensación de seguridad y la distribución de responsabilidades entre los residentes.

Ciudad Verde constituyó una oportunidad para comprender puntos que requieren correctivos y reasignación de responsabilidades. Por ejemplo, el papel de los urbanizadores en la construcción de equipamientos y la

prestación del transporte público, ya que actualmente se les exime de dicha responsabilidad. Para el primer caso, el proyecto aportó 50 mil millones de pesos para la construcción de colegios y, para el segundo, se gestionó la construcción de la avenida Ciudad de Cali hasta el municipio. Esto permitirá la construcción de una nueva línea de Transmilenio a Soacha, descongestionando así la prestación del servicio actual.

Lo anterior demuestra que este tipo de proyectos posibilitan la unión esfuerzos en beneficio de los municipios. Particularmente, Ciudad Verde se propició: (1) la gestión para la provisión de equipamientos y la financiación directa de algunos de ellos; (2) la cesión de suelo para la construcción de 5 vías del plan vial de Soacha; (3) la generación de ingresos al municipio por cuenta de impuestos como la plusvalía; (4) y la inversión en obra pública como la construcción de puentes, redes matrices de acueducto y alcantarillado, el aporte a la construcción del tanque de Cazuca, entre otros.

Este proyecto urbanístico buscó una nueva escala de participación en el negocio inmobiliario, así mismo, incursionó en un campo sobre el cual no hay mucha experiencia. Por lo tanto, constituye un proceso con oportunidades de aprendizaje y retroalimentación. De allí la importancia de poder integrar esfuerzos con la academia y otros actores, para redireccionar las oportunidades de mejora. Lo importante es establecer un lenguaje común y un sistema de trabajo mancomunado, el cual permita "construir sobre lo construido".

6. Bibliografía

- Aguilera, A., & Vásquez-Ramos, J. M. (2019). Distribución espacial y temporal de Elmidae (Insecta: Coleoptera) y su relación con los parámetros fisicoquímicos en el río Ocoa, Meta, Colombia. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 108–109.
- Álvarez Puerto, J. R. (2013). MACROPROYECTO DE INTERÉS SOCIAL NACIONAL , COMUNA SAN JOSÉ , MANIZALES * URBAN DEVELOPMENT OR URBAN DISPLACEMENT : NATIONAL SOCIAL INTEREST MACROPROJECT , COMMUNE OF SAN JOSÉ , MANIZALES. *Ratio Juris*, 8(17), 115–134.
- Ardila, N., Navas, G. R., & Reyes, J. (2002). Libro rojo de invertebrados marinos de Colombia. La serie Libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia. In *INVEMAR*.
- Asogestores. (2018). *Expediente No. PM-GA 3.37.2.8.016.010* (pp. 2).
- Cadena, Á., Escallón, C., Espinosa, M., Guevara, J. A., Guzmán, L. A., Jiménez, G., Mariño, J., Quijano, N., Rodríguez, J. P., Rodríguez, M., Vargas, H., Bernal, N., Cepeda, C., Escorcía, J., Garay, Á. A., Giraldo, M., Jiménez, S., & Marín, L. G. M. (2020). *Systemic perspectives on low-carbon cities in Colombia- An integrated urban modeling approach for policy and regulatory analysis*.
- Cardona, S., Escobar, D. A., & Moncada, C. A. (2017). Evolución del número de pasajeros movilizados en los Sistemas estratégicos de transporte público en Colombia. Análisis cuantitativo. *Revista Espacios*, 38(53), 11–24.
- Concejo Municipal de Villavicencio. (2015). *Plan de Ordenamiento Territorial - POT Norte. Acuerdo No. 287 de 2015*. <https://www.concejodevillavicencio.gov.co/normograma/category/152-plan-deordenamiento-territorial?start=0>
- Cormacarena. (2011). *Plan de ordenamiento del recurso hídrico de Ríos Ocoa, Upín y Caney, Caños Buque, Maizaro, Iriqué, Sibao, Camoa, Cural y Curalito, Seco y Caraño* (Eds).
- Cormacarena. (2019). *Plan Regional de Monitoreo (PRM) 2019*. https://www.cormacarena.gov.co/documentos/tua/PRM_2019.pdf
- Resolución 2958 de 2019, (2019).
- Díaz Fernández, A., & Soto Piñeros, M. A. (2019). *Eficacia del comparendo ambiental como instrumento de cultura ciudadana en el barrio Ciudad Porfía de Villavicencio (2015-2017)*.
- INS. (2021). *SIVICAP WEB*. <https://www.ins.gov.co/sivicap/paginas/sivicap.aspx>
- Manizales Cómo Vamos. (2020). *Informe de calidad de vida Manizales* (p. 191).
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (n.d.). *Colombia, un país de Biodiverciudades*. <https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/4705-colombia-un-pais-de-biodiverciudades>
- Osorio-Ramírez, D. P., Díaz-Celis, O. J., Caro-Caro, C. I., & Duque-Cabrera, J. (2015). Generalidades del área de estudio. In *CUENCA ALTA DEL RÍO META: UNA MIRADA SOCIOAMBIENTAL A LOS RÍOS GUAYURIBA Y OCOA Y AL CAÑO QUENANE-QUENANITO* (Universida, pp. 12–65).
- Rivillas-Ospina, G. D., Ruiz-Martínez, G., Silva, R., Mendoza, E., Pacheco, C., Acuña, G., Rueda, J., Félix, A., Pérez, J., & Pinilla, C. (2017). *Physical and Morphological Changes to Wetlands Induced by Coastal Structures BT - Coastal Wetlands: Alteration and Remediation* (C. W. Finkl & C. Makowski (eds.); pp. 275–315). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56179-0_9

- Rojas, C., Munizaga, J., Rojas, O., Martínez, C., & Pino, J. (2019). Urban development versus wetland loss in a coastal Latin American city: Lessons for sustainable land use planning. *Land Use Policy*, 80, 47–56. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.09.036>
- Romero Rodríguez, L. A. (2014). *Relación entre servicios públicos domiciliarios de agua y saneamiento básico sobre procesos de asentamientos urbanos. Estudio de caso: Ciudad Porfía (asentamiento informal) y Villa Codem (asentamiento formal), Villavicencio ,1983-2013.*
- SUI. (2021). *Sistema Único de Información de servicios públicos domiciliarios.*
- Superintendencia de servicios públicos domiciliarios. (2014). *Evaluación integral de prestadores.* <https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Acueducto%2C>
- Superservicios. (2019). *Estudio sectorial de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado.* - Superintendencia de servicios públicos domiciliarios. <https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2020>
- Teodoro, M. (2018). Measuring Household Affordability for Water and Sewer Utilities (In Press). *Journal - American Water Works Association*, 110. <https://doi.org/10.5942/jawwa.2018.110.0002>
- Uribe Díaz, J. D., Fonseca Páez, C. A., & Martínez, V. (2018). *Vivienda de interés social sostenible en el contexto del post-conflicto colombiano para el departamento del Meta.*