



Institución Universitaria

Marco metodológico para la evaluación de la sostenibilidad del ecosistema urbano – Indicador de calidad del ecosistema urbano ICEU

Pablo Betancur Carvajal

Instituto Tecnológico Metropolitano
Facultad de Ciencias Exactas y Aplicadas
Medellín – Distrito de Ciencia, Tecnología e Innovación, Colombia
2025

Marco metodológico para la evaluación de la sostenibilidad del ecosistema urbano – Indicador de calidad del ecosistema urbano ICEU

Pablo Betancur Carvajal

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título
de:

Magister en Desarrollo Sostenible

Director: Harlem Acevedo Agudelo

Ph.D. en Sostenibilidad, Mg. En Administración, Esp. Gestión de la construcción,
Ingeniero civil

Línea de Investigación:

Planificación y ordenamiento sostenible del territorio

Instituto Tecnológico Metropolitano

Facultad de Ciencias Exactas y Aplicadas

Medellín – Distrito de Ciencia, Tecnología e Innovación, Colombia

2025

A Laura, Paula, Gabriel, Lili y Guaro.

Tengo la casa llena de cosas, cosas que me fueron dadas, cosas que no sé para qué o cómo se usan, con las cuales intento construir un camino, que bien o mal sirve para andar, aunque esté hecho de cosas que no son mías, cosas que se vuelven paisaje.

Agradecimientos

Mis más sinceros agradecimientos a todos aquellos que prestaron alguna vez su tiempo para escucharme hablar y permitir poco a poco que este proceso tomara forma, a los expertos que participaron Sebastián, Jhonny, Melissa, Nino, Manuela, Salamy, Jenn, David y Juan Alberto; reconociendo especialmente la labor docente de Marta y Harlem, sin quienes este proceso no hubiese tenido fin. Reconozco al ITM como una gran institución, la cual permitió la experimentación y el alcance de este trabajo.

A todo aquel que me acompañó en este proceso, a los que están y a los que ya no; especialmente a Laura, quien en los momentos más difíciles me convenció de seguir adelante.

Resumen

Esta tesis desarrolla el Indicador de Calidad del Ecosistema Urbano (ICEU) para evaluar la sostenibilidad del hábitat en Medellín a escala barrial. Se asume la ciudad como ecosistema antropógeno contenido en un bioma y se operativiza el análisis mediante tres pilares complementarios: Ocupación, Infraestructura y Usuario. El objetivo es construir un marco metodológico replicable que traduzca información técnica dispersa en un instrumento sintético y comunicable, útil para la gestión pública y la ciudadanía, capaz de habilitar comparaciones intraurbanas, seguimiento temporal y una lectura clara del territorio.

La metodología se organizó en cuatro movimientos articulados: (i) revisión y depuración de fuentes para consolidar una línea base georreferenciada a partir de datos abiertos locales y nacionales; (ii) diseño del marco de indicadores bajo criterios de simplicidad, medibilidad y comunicabilidad; (iii) validación y ponderación a través de un panel de expertos; y (iv) aplicación piloto con lectura comparativa entre comunas y barrios. A lo largo del proceso se aplicó un filtro metodológico que privilegió variables con disponibilidad pública, desagregación territorial y continuidad temporal. Se desarrollaron tableros y metadatos que aseguran trazabilidad desde la fuente hasta los resultados.

Los hallazgos revelan tensiones que los diagnósticos convencionales suelen ocultar: mayores ingresos no implican necesariamente mejores condiciones ecosistémicas y la desigualdad ambiental no responde linealmente a la desigualdad económica. A escala ciudad predominan desempeños altos, pero coexisten perfiles barriales con déficits específicos de accesibilidad, cobertura verde o exposición a riesgos. El ICEU funciona simultáneamente como instrumento de evaluación y como dispositivo de revelación de vacíos informacionales, evidenciando qué aspectos quedan fuera del radar institucional.

Se concluye que planear sosteniblemente exige volver legible el territorio mediante gobernanza de datos abierta e interoperable, calendarios de actualización y controles de calidad. En coherencia con la retroalimentación experta, se recomienda ampliar el marco con indicadores que afecten directamente al usuario/habitante (confort térmico, ruido, seguridad vial, accesibilidad y calidad del aire), institucionalizar la validación continua y articular el ICEU con los instrumentos de planificación para orientar inversiones con beneficios ecosistémicos y sociales medibles.

Palabras clave: Ecosistema urbano; sostenibilidad urbana; calidad ambiental urbana; indicadores; escala barrial; datos abiertos; gobernanza de datos.

Abstract

This thesis develops the Urban Ecosystem Quality Indicator (ICEU) to assess habitat sustainability in Medellín at the neighborhood scale. The city is conceptualized as an anthropogenic ecosystem contained within a broader biome, and the analysis is operationalized through three complementary pillars: Occupation, Infrastructure, and User. The goal is to build a replicable methodological framework that translates dispersed technical information into a synthetic and communicable instrument, useful for public management and citizens, and capable of enabling intra-urban comparison, temporal tracking, and a clearer reading of territorial dynamics. The methodology unfolds in four articulated steps: (i) reviewing and curating sources to consolidate a georeferenced baseline from local and national open data; (ii) designing the indicator framework under criteria of simplicity, measurability, and communicability; (iii) validating and weighting through an expert panel; and (iv) pilot application with comparative reading across neighborhoods and districts (comunas). Throughout the process, a methodological filter prioritized variables with public availability, territorial disaggregation, and temporal continuity. Dashboards and metadata were developed to ensure traceability from data source to results.

Findings reveal tensions that conventional diagnostics often obscure: higher income does not necessarily translate into better ecosystem conditions, and environmental inequality does not respond linearly to economic inequality. While high overall performance predominates citywide, neighborhood profiles with specific deficits in accessibility, green coverage, or risk exposure coexist. The ICEU works simultaneously as an evaluation instrument and as a device that reveals informational gaps, making visible what remains outside the institutional radar. The study concludes that sustainable planning requires making the territory legible through open, interoperable data governance, scheduled updates, and quality controls. In line with expert feedback, it recommends expanding the framework with indicators that directly affect the user/inhabitant (thermal comfort, noise, road safety, accessibility, and air quality), institutionalizing continuous validation, and aligning the ICEU with planning instruments to guide investments that yield measurable ecosystem and social benefits.

Keywords: Urban ecosystem; urban sustainability; urban environmental quality; indicators; neighborhood scale; open data; data governance.

Contenido

Contenido

Capítulo 1 - Contextualización	5
1.1 Planteamiento del problema	5
1.2 Justificación	8
1.3 Estado del arte.....	11
1.4 Marco teórico	12
1.4.1 Ecosistema urbano/Ecosistema Antropógeno urbano	12
1.4.2 Bioma	14
1.4.3 Sostenibilidad urbana.....	15
1.4.4 Hábitat sostenible.....	17
1.4.5 Calidad Ambiental Urbana (CAU)	19
1.4.6 Calidad de vida	19
1.4.7 Indicadores.....	20
1.4.8 Escala barrial	21
1.5 Hipótesis y predicciones	23
1.5.1 Hipótesis	23
1.5.2 Predicciones.....	23
1.6 Objetivos.....	24
1.6.1 Objetivo general	24
1.6.2 Objetivos específicos	24
Capítulo 2 – Marco metodológico	25
2.1 Metodología	25
2.1.1 Métodos	26
2.1.2 Unidad territorial de análisis.....	33
2.2 Impactos	38
Capítulo 3 – Diagnóstico y construcción de marco de indicadores	41
3.1 Revisión de información disponible	41
3.2 Criterios y selección de indicadores	45
3.3 Diagnóstico de zona de estudio.....	63
3.4 Construcción y valoración inicial.....	80
Capítulo 4 – Validación y Aplicación del modelo	83
4.1 Metodología de validación con panel de expertos.....	83
4.2 Panel de expertos.....	84
4.2.1 Invitación formal a expertos	84
4.2.2 Contextualización y formalización de tratamiento de datos	84
4.2.3 Explicación y metodología de trabajo, formatos, medio y presentación general	84

4.3	Ponderación individual y resultados	85
4.3.1	Formularios de ponderación	85
4.4	Organización de resultados	88
4.5	Aplicación del ICEU	92
Capítulo 5 - Conclusiones y recomendaciones		113
5.1	Conclusiones	113
5.2	Recomendaciones	114
Capítulo 6 - Anexos:		117
A3-	Matriz de indicadores	117
B1-	MODELO INICIAL	117
B2-	RESULTADOS GENERALES	117
B3-	RESULTADOS 3 10 12 14	117
C1-	CARTA INVITACIÓN PANEL DE EXPERTOS	117
C2-	PRESENTACIÓN PANEL DE EXPERTOS	117
D1-	FORMATO DE TRATAMIENTO DE DATOS PARA PANEL DE EXPERTOS	117
D2-	Formato de Autorización para el Tratamiento de Datos Personales (respuestas) - Respuestas de formulario 1	117
E1-1.	Panel de expertos - Ponderación individual subindicadores	117
E2-2.	Panel de expertos - Ponderación individual índices	117
E3-3.	Panel de expertos - Ponderación escala de medición	117
Bibliografía		118

Lista de figuras

	Pág.
Ilustración 1 - Fenomenologías de lo urbano, elaboración propia	5
Ilustración 2 - Manejo de la información en la toma de decisiones, elaboración propia	7
Ilustración 3 - Marco teórico, elaboración propia	12
Ilustración 4 - Ecosistema antropógeno urbano, elaboración propia	14
Ilustración 5 Bioma, elaboración propia	15
Ilustración 6 - Escenario actual, elaboración propia	16
Ilustración 7 - Escenario ideal, elaboración propia	17
Ilustración 8 - Escala, elaboración propia	22
Ilustración 9 – Flujograma, elaboración propia	25
Ilustración 10 - Fases metodología, elaboración propia	26
Ilustración 11 - Fase 1.....	26
Ilustración 12 - Fase 2.....	27
Ilustración 13 – Esquema doble filtro de verificación de indicadores.....	28
Ilustración 14 – Ejemplo matriz de selección de indicadores.....	29
Ilustración 15 – Fase 3.....	32
Ilustración 16 - Delimitación zona de estudio, comunas de Medellín, elaboración propia.	33
Ilustración 17 – Mapa zona de estudio	34
Ilustración 18 – Mapa comunas seleccionadas	35
Ilustración 19 – ICEU comparativo comunas	36
Ilustración 20 – ICEU para comunas seleccionadas 3, 10, 12, 14.....	37
Ilustración 21 – Forma de la información, tomado de Urban Indicator for Managing Cities	45
Ilustración 22 – Esquema doble filtro	46
Ilustración 23 - Distribución de indicadores en índices	47
Ilustración 24 - Tablero Población 1 por comuna.....	66
Ilustración 25 - Tablero Población 1.1 por barrio	67
Ilustración 26 - Tablero Riesgo 1 por comuna	68
Ilustración 27 - Tablero Riesgo 1.1 por barrio.....	69
Ilustración 28 - Tablero Espacio público 1 por comuna	70
Ilustración 29 - Tablero Espacio público 1.1 por barrio.....	71
Ilustración 30 - Tablero Coberturas 1 por comuna.....	72
Ilustración 31 - Tablero Coberturas 1.1 por barrio	73
Ilustración 32 - Tablero Construcciones 1 por comuna.....	74
Ilustración 33 - Tablero Construcciones 1.1 por barrio	75

Ilustración 34 - Tablero Usos 1 por comuna	76
Ilustración 35 - Tablero Usos 1.1 por barrio.....	77
Ilustración 36 - Tablero Accesibilidad por barrio.....	78
Ilustración 37 - Tablero accesibilidad por comunas.....	79
Ilustración 38 - Construcción ICEU y enfoque, elaboración propia	80
Ilustración 39 - Ponderación de subindicadores inicial, elaboración propia	81
Ilustración 40 Esquema general ICEU para validación, elaboración propia	81
Ilustración 41 – Calificación para valoración inicial.....	82
Ilustración 42 – Metodología Panel de expertos.....	83
Ilustración 43 – Tabla de valores iniciales de ponderación	85
Ilustración 44 – Ponderación individual expertos de subindicadores	86
Ilustración 45 – Pesos finales de subindicadores	86
Ilustración 46 – Ponderación individual expertos de índices	86
Ilustración 47 – Ponderación final índices y subindicadores	87
Ilustración 48 – Tabla de variaciones de ponderación.....	87
Ilustración 49 – Comparación valores iniciales y finales ICEU	89
Ilustración 50 – Comparación valores y pesos iniciales y finales ICEU.....	89
Ilustración 51 – Comparación población/ICEU	90
Ilustración 52 – Comparación Territorio/ICEU	90
Ilustración 53 – Comparación valores iniciales y finales ICEU por comuna	91
Ilustración 54 – Gráfico de mayor a menor calificación ICEU.....	91
Ilustración 55 – Comunas seleccionadas	92
Ilustración 56 – Resultado general del ICEU	93
Ilustración 57 - Resultado general Bajo ICEU	94
Ilustración 58 – Resultado general Medio ICEU	95
Ilustración 59 – Resultado general Alto ICEU.....	96
Ilustración 60 – Resultado general Muy alto ICEU	97
Ilustración 61 – Top +10 y -10 de calificación de ICEU	98
Ilustración 62 – Estratificación e ICEU.....	99
Ilustración 63 – Población e ICEU	100
Ilustración 64 – Índice Ocupación de ICEU	101
Ilustración 65 - Índice Usuario de ICEU.....	102
Ilustración 66 - Índice Infraestructura de ICEU	103
Ilustración 67 - Comparación Infraestructura comunas seleccionadas	104
Ilustración 68 - Comparación Ocupación comunas seleccionadas	105
Ilustración 69 - Comparación Usuario comunas seleccionadas	106
Ilustración 70 - Comparación ICEU comunas seleccionadas	106
Ilustración 71 - Resultado general ICEU comunas seleccionadas 1	107
Ilustración 72 - Resultado general ICEU comunas seleccionadas 2	108
Ilustración 73 - Población e ICEU comunas seleccionadas.....	109
Ilustración 74 - Índices y subindicadores comunas seleccionadas.....	110
Ilustración 75 - Top 10+ y 10- comunas seleccionadas.....	111
Ilustración 76 - Estratificación e ICEU comunas seleccionadas	112

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1 - Indicadores ejemplo.....	27
Tabla 2 - Criterios de selección de indicadores según el DANE	29
Tabla 3 - Metodología CREMA según Banco Mundial	31
Tabla 4 - Impactos	38
Tabla 5 – Revisión bases de datos disponibles.....	41
Tabla 6 – Revisión metodológica.....	43
Tabla 7 – Clasificación de indicadores por revisión de bases de datos	47
Tabla 8 - Resumen Indicadores seleccionados	48
Tabla 9 – Ficha Indicador Porcentaje de ocupación del territorio.....	49
Tabla 10 - Ficha Indicador Compacidad corregida	50
Tabla 11 - Ficha Indicador Porcentaje de vivienda en el territorio	51
Tabla 12 - Ficha Indicador Riesgo Total	52
Tabla 13 - Ficha Indicador Eficiencia vial	53
Tabla 14 - Ficha Indicador Viario Público	54
Tabla 15 - Ficha Indicador Accesibilidad peatonal transporte masivo	55
Tabla 16 - Ficha Indicador Accesibilidad peatonal paradas de bus.....	56
Tabla 17 - Ficha Indicador Accesibilidad peatonal rutas de bus.....	57
Tabla 18 - Ficha Indicador Accesibilidad peatonal a centro de residuos	58
Tabla 19 - Ficha Indicador Zona verde por habitante	59
Tabla 20 - Ficha Indicador Cobertura verde por habitante	60
Tabla 21 - Ficha Indicador Densidad habitacional.....	61
Tabla 22 - Ficha Indicador Densidad poblacional.....	62
Tabla 23 - Segmentación, diagnóstico zona de estudio	63
Tabla 24 – Profesionales participantes de panel de expertos	84
Tabla 25 – Síntesis de variación de resultados ICEU e índices	88
Tabla 26 – Síntesis de variación de subindicadores.....	88

Lista de Símbolos y abreviaturas

Variables con letras y fórmulas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
<i>E</i>	Gasto de recursos	1	
<i>n</i>	Número de actores naturales	1	
<i>H</i>	Diversidad de información		
	Eficiencia urbana		$\frac{E}{nH}$

Abreviaturas

Abreviatura	Término
<i>PIB</i>	Producto Interno Bruto
<i>ICAU</i>	Índice de Calidad Ambiental Urbana
<i>DANE</i>	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
<i>EPM</i>	Empresas Públicas de Medellín
<i>IGAC</i>	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
<i>IDEAM</i>	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
<i>CAR</i>	Corporación Autónoma Regional
<i>AMVA</i>	Área Metropolitana del Valle de Aburrá
<i>PIGECA</i>	Plan Integral de Gestión de Calidad del Aire
<i>SIATA</i>	Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá
<i>ICAM</i>	Índice de Condición Ambiental de Medellín
<i>SIPSA</i>	Sistema de Indicadores de Planificación y Seguimiento Ambiental

Abreviatura	Término
<i>OCDE</i>	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
<i>ONU</i>	Organización de Naciones Unidas
<i>EUROSTAT</i>	Oficina de Estadística de la Comisión Europea
<i>AEMA</i>	Agencia Europea de Medio Ambiente
<i>OMS</i>	Organización Mundial de la Salud
<i>RAE</i>	Real Academia Española
<i>ODS</i>	Objetivos de Desarrollo Sostenible
<i>CAU</i>	Calidad Ambiental Urbana
<i>GICAU</i>	Grupo de Investigación de Calidad Ambiental Urbana
<i>UNESCO</i>	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
<i>ICEU</i>	Indicador de Calidad del Ecosistema Urbano
<i>CREMA</i>	Claro, Relevante, Económico, Medible, Adecuado
<i>BID</i>	Banco Interamericano de Desarrollo
<i>PNUD</i>	Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo

Introducción

Las ciudades concentran tensiones y oportunidades que se expresan en el ecosistema antropógeno urbano, un sistema de intercambios de información, energía y materia donde la organización social y las infraestructuras median la relación con la base biofísica. En este estudio, ese ecosistema se asume como unidad espacial contenida, y el bioma como unidad contenedora, reconociendo que la ciudad, a diferencia de los ecosistemas naturales, no cumple con un metabolismo circular ni dispone de una fuente energética infinita, lo que exige instrumentos de lectura y gestión más finos y situados.

Bajo esta perspectiva, se adopta la noción de hábitat sostenible como plano de encuentro entre los sistemas social y ecológico, transversalizado por dimensiones culturales, políticas, sociales y biológicas. Para operativizarlo, el trabajo enmarca el concepto en tres pilares: Ocupación, Infraestructura y Usuario. “Ocupación” refiere a las formas de llenar el territorio (zonificación, usos, volumetría y riesgo); “Infraestructura”, al metabolismo urbano a través de conectividad, movilidad y manejo de residuos; y “Usuario”, a las densidades y sus relaciones con las coberturas ambientales. Esta triada permite traducir el discurso del desarrollo sostenible a métricas comparables y comunicables.

El problema que motiva la investigación parte de una constatación: Medellín (Distrito de Ciencia, Tecnología e Innovación) ha avanzado en sostenibilidad y en la apertura de datos georreferenciados; sin embargo, subsiste un vacío entre los informes e índices existentes de calidad ambiental urbana y su público objetivo: la ciudadanía. Ese vacío limita la veeduría y debilita la articulación entre conocimiento disponible y decisiones oportunas en el territorio. En respuesta, se propone desarrollar el Indicador de Calidad del Ecosistema Urbano (ICEU) y tomar a Medellín como caso de estudio, con la finalidad de evaluar la sostenibilidad a escala barrial y de acercar los resultados a actores institucionales y sociales para la mejora continua del hábitat.

La pregunta de investigación que orienta el trabajo es:

¿Cómo desarrollar una metodología basada en indicadores para la evaluación de la sostenibilidad urbana a nivel barrial en la ciudad de Medellín?

Este interrogante recoge la necesidad de pasar de repositorios y reportes dispersos a un marco integrado, replicable y comprensible que habilite comparación intraurbana y seguimiento temporal.

El enfoque se justifica en tendencias demográficas y territoriales contemporáneas (urbanización creciente a escala global y nacional) y, sobre todo, en la existencia de

infraestructura de datos abiertos en la ciudad y el país. Medellín dispone de plataformas como MapGIS y MEData, además de Datos Abiertos Colombia y sistemas estadísticos nacionales (p. ej., DANE), complementados por geoportales sectoriales (p. ej., EPM) y entidades como IGAC, IDEAM y diversas CAR. Esta base es el punto de partida para estructurar un repositorio coherente, derivar indicadores y ensamblar una lectura integrada del territorio.

Conceptualmente, el estudio dialoga con dos líneas convergentes: calidad ambiental urbana (CAU) y calidad de vida. La primera se entiende como las condiciones óptimas (biológicas, funcionales, ecológicas, socioculturales y tecnológicas) del hábitat urbano, enmarcadas en el derecho a un ambiente sano; la segunda, en clave Max-Neef, como la satisfacción de necesidades fundamentales (ser, hacer, tener, estar) y sus expresiones contextuales. Estas nociones habilitan una selección de indicadores sensible a las particularidades territoriales, evitando traslaciones acríticas.

Metodológicamente, el ICEU se concibe como un instrumento compuesto, construido desde cuatro movimientos: (i) revisión y acopio de fuentes (literatura, informes y bases geográficas oficiales y públicas); (ii) marco de indicadores alineado con los pilares de hábitat sostenible y con criterios de simplificación, medición y comunicación; (iii) validación y ponderación mediante panel de expertos; y (iv) aplicación y validación en comunas y barrios de Medellín para valorar capacidad discriminante y utilidad práctica. La exigencia de “simplificar, medir y comunicar” orienta tanto la selección como el diseño de tableros temáticos y comparativos.

La escala barrial es el eje operativo del estudio. El barrio se asume como unidad estructural morfológica y socioespacial, con paisaje y funciones particulares, capaz de revelar con mayor nitidez la interacción entre forma urbana, servicios, movilidad, riesgo y prácticas de habitar. Esta resolución escalar permite alternar lecturas barrio–comuna y robustecer la sensibilidad del instrumento para el diseño de actuaciones y la priorización de inversiones.

En términos de hipótesis, se plantea que una metodología de evaluación de la sostenibilidad urbana a nivel barrial (sustentada en datos abiertos, criterios claros y validación experta) permitirá desarrollar herramientas y lineamientos para el estudio, monitoreo, control y la toma de decisiones en pro del hábitat sostenible. Entre las predicciones, se anticipa el desarrollo de un aplicativo ciudadano (“tu ciudad”) para la consulta y comparación gráfica de indicadores, el fortalecimiento de redes de observatorios locales y el soporte a políticas públicas ambientales mediante monitoreo estable del territorio.

El objetivo general es desarrollar un marco metodológico para evaluar la sostenibilidad del ecosistema urbano a escala barrial mediante el ICEU; los objetivos específicos incluyen: identificar bases de datos e información bibliográfica relevantes; establecer criterios de evaluación para el planteamiento del marco de indicadores; construir el marco de indicadores a partir de la revisión nacional e internacional; y aplicar y validar la metodología en áreas de Medellín para comprender fenómenos territoriales y favorecer decisiones informadas.

El aporte del trabajo es triple. Primero, teórico-conceptual: al articular ecosistema urbano, bioma, hábitat sostenible y calidad de vida, se ofrece un andamiaje que evita reduccionismos materiales del hábitat y privilegia la colectividad, apropiación y empoderamiento de los lugares como condición de sostenibilidad. Segundo, metodológico: se entrega un proceso trazable —desde fuente a tablero—, con criterios explícitos y ponderaciones verificables por pares. Tercero, aplicado: se habilita una lectura intraurbana comparativa que identifica sinergias y tensiones (p. ej., accesibilidad vs. exposición a riesgo) y orienta lineamientos para mantenimiento, monitoreo y mejora del ecosistema urbano.

La originalidad del ICEU reside en su resolución escalar (barrio), la integración de fuentes abiertas locales y nacionales, y su diseño pensado para la comunicación pública, rasgo clave para cerrar la brecha entre conocimiento técnico y ciudadanía. En coherencia con los ODS vinculados a ciudades sostenibles, ecosistemas terrestres, crecimiento económico y alianzas, el instrumento busca traducir el diagnóstico en acciones cooperativas entre academia, instituciones y comunidad.

Estructura del documento. El Capítulo 1 presenta la contextualización, plantea el problema, justifica el enfoque y desarrolla el estado del arte y el marco teórico; el Capítulo 2 detalla la metodología (métodos, panel de expertos e impactos); el Capítulo 3 compila y depura la información, define criterios y construye el marco de indicadores con su diagnóstico de la zona de estudio; el Capítulo 4 aborda la aplicación y validación del ICEU; el Capítulo 5 expone las conclusiones y recomendaciones; y el Capítulo 6 reúne los anexos técnicos. Esta ruta va de la fundamentación a la acción informada, fortaleciendo la capacidad de lectura, veeduría y decisión sobre el territorio.

Capítulo 1 - Contextualización

1.1 Planteamiento del problema

Con el paso de los años la humanidad ha entendido que su huella y procesos de manejo del ambiente ha marcado significativamente los entornos tanto artificializados como naturales, dando como resultado la necesidad de plantear acciones que pretendan entender las diferentes presiones que ejercemos como sociedad al mundo para poder realizar cambios estructurales que permitan el mejoramiento, la atención y la conservación de nuestros ecosistemas, recursos naturales y así mejorar el manejo que se le da a las distintas fenomenologías del entorno urbano (Ilustración 1).

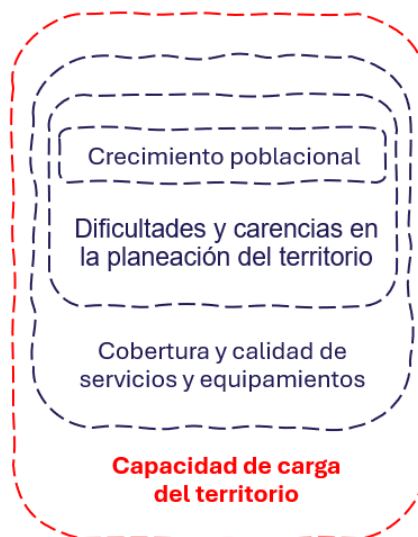


Ilustración 1 - Fenomenologías de lo urbano, elaboración propia

Desde los años 90 la Organización de Naciones Unidas y los Estados miembros que la conforman están coordinando fuerza de trabajo para construir un sistema de indicadores que permita la gestión, la toma de decisiones y el monitoreo asertivo del estado ambiental territorial (Sandoval, Liévano, & Minambiente y desarrollo sostenible, 2012).

Para el caso de estudio, según proyecciones de la Alcaldía de Medellín, la ciudad para el 2025 alcanzará una población superior a los 2.7 millones de habitantes en una tendencia

creciente (Departamento administrativo de planeación, 2022), este crecimiento y las carencias o dificultades en la planificación del territorio traen problemáticas como asentamientos informales en zonas de riesgo, aumento del parque automotor privado, la generación de residuos y el manejo de estos, la movilidad, además de las otras fenomenologías que promueven una ocupación ineficiente del territorio. Esto ocurre inmerso dentro de un contexto donde se iguala el desarrollo sostenible con el crecimiento económico y la producción de capital.

Teniendo en cuenta lo anterior, las ventajas geográficas y económicas de la ciudad de Medellín, se perpetúa el crecimiento en límites de laderas desbordando así las capacidades de carga del valle. Condiciones que apresuran los efectos del cambio climático y potencializan problemáticas como el deterioro de fuentes hídricas, contaminación en el aire y presiones sobre los sistemas que estructuran la ciudad, problemáticas que afectan directa e indirectamente indicadores como seguridad, calidad de vida, vivienda, salud, y movilidad en el territorio (Minambiente y desarrollo sostenible, 2019).

Según el informe Índice de Calidad Ambiental Urbana (Minambiente, Índice de Calidad Ambiental Urbana, 2016) del Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, el municipio de Medellín reportó únicamente 13 de los 17 indicadores establecidos en el marco metodológico del sistema de indicadores ICAU (Minambiente, 2016), denotando el vacío tanto de información, como revisión, monitoreo, la estructuración de la misma y aún más importante la comparabilidad asertiva y el dinamismo de los resultados (Ilustración 2), con este reporte Medellín obtuvo un puntaje de 55.5 quedando en la categoría de Media calidad ambiental. Esto comparado con otras ciudades o municipios del país superiores a 500.000 habitantes como Bogotá con 50.9, Ibagué 45.2, Bucaramanga 35.9, Cali 33.0, Soledad 27.0, Barranquilla 21.7 o Cúcuta 6.5 (Minambiente, 2015).

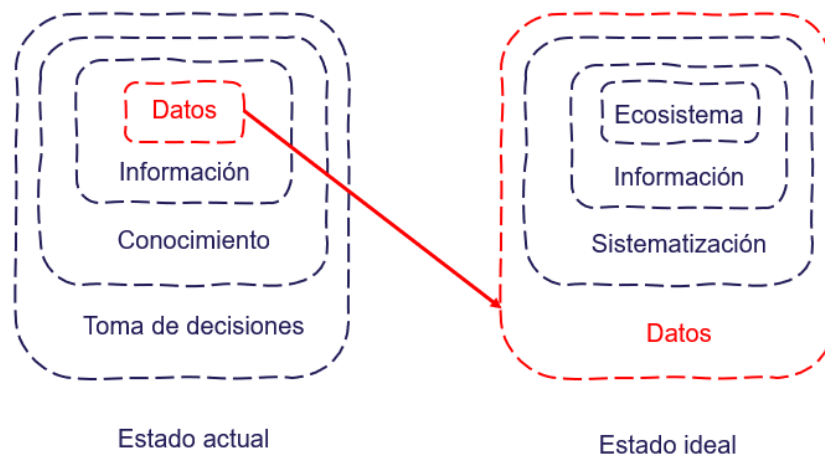


Ilustración 2 - Manejo de la información en la toma de decisiones, elaboración propia

Partiendo entonces de lo anterior surge la pregunta de investigación que hilará este estudio: ¿Cómo desarrollar una metodología basada en indicadores para la evaluación de la sostenibilidad urbana a nivel barrial en la ciudad de Medellín?

1.2 Justificación

En la actualidad la menos de la mitad de la población mundial habita lo rural y las proyecciones estiman que para el 2050 superará el 65% la población urbana del planeta (United Nations, 2015). Para Colombia el caso es más importante ya que según el Banco Mundial para el 2020 solo el 20% era población rural (Mundial, 2025) características detonantes para realizar un estudio con énfasis en la sostenibilidad territorial.

En la actualidad, la ciudad de Medellín cuenta con una amplia base de datos abiertos pública para ser utilizada en proyectos independientes como Mappgis (Alcaldía de Medellín, Mapas Medellín, 2025), MEData (Alcaldía de Medellín, 2025), Datos Abiertos Colombia (MinTic, 2024), informes del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2025) y distintos geo portales disponibles por entidades prestadoras de servicios públicos como el de las Empresas Públicas de Medellín (EPM), las cuales son en teoría la base para el entendimiento, el conocimiento y la comprensión de los distintos fenómenos de la ciudad. Entender su funcionamiento, problemáticas y poder construir diferentes lineamientos o recomendaciones de acción frente a ello se convierte en una propuesta relevante de trabajo. Para otros lugares del país encontramos también grandes bases de datos de información geográfica acompañados de instituciones como el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y las múltiples Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) que han contribuido en la construcción de plataformas como Mapas Bogotá, Mapas Interactivos Cali y el Geo portal del DANE (DANE, 2025).

Con la existencia de la información abierta y pública se han realizados iniciativas relacionadas a esta investigación como el Informe Nacional de Calidad Ambiental Urbana para áreas urbanas con población superior a 500.000 habitantes (Minambiente, 2015) y el segundo informe para áreas urbanas con población entre 100.000 y 500.000 (Minambiente, 2016) este basado en el ICAU (Minambiente, 2016), iniciativas además partiendo de la Política de Gestión Ambiental Urbana (Viceministerio de ambiente, 2008).

Partiendo de las diferentes limitaciones para los estudios como la disponibilidad, la existencia y el acceso de la información, este estudio se plantea en el entorno urbano debido a las oportunidades de complejidad entre las diferentes relaciones de los aspectos urbanos, metabólicos, demográficos, sociales y ambientales, para entender estos fenómenos se plantean las distintas metodologías de indicadores como marcos de trabajo para la construcción de estrategias ambientales, la ejecución y la toma de decisiones a nivel territorial (Velázquez-Mar & Salazar-Solano, 2019).

Para el caso específico de la región de estudio, lo comprendido por las 16 comunas de la ciudad de Medellín, se tiene varios trabajos relacionados a la temática de indicadores como el proyecto para implementar los instrumentos de gestión formulados para el mejoramiento

de la calidad del aire en el Valle de Aburrá, y hacer seguimiento y evaluación a su efectividad, Plan Integral de Gestión de la Calidad del Aire (PIGECA) (AMVA & Clean Air, 2017) en el cual el monitoreo atmosférico de la calidad del aire fue operado por la Universidad Nacional de Colombia en Medellín en compañía del AMVA, funcionando así hasta el 2016, para luego dar paso al proyecto de Sistema de Alerta Temprana de Medellín y Valle de Aburrá (SIATA), un proyecto del AMVA, la Alcaldía de Medellín con aportes de ISAGEN y Empresas Públicas de Medellín (EPM) (AMVA, s.f.).

Por otro lado, y basado en el ICAU, en Medellín se realizó un estudio llamado Índice de Condición Ambiental de Medellín (ICAM), el cual retoma las variables del ICAU, pero implementa algunas variaciones y variables que no se habían tenido en cuenta hasta el momento (Alcaldía de Medellín, 2016), con base en esto es evidente que en la actualidad no se ha desarrollado una metodología que sea capaz de evaluar en su totalidad el estado real de la calidad ambiental de la zona de estudio.

En el ámbito internacional, relacionado en temas de índices, indicadores y evaluación de sostenibilidad urbana se encuentran diferentes referentes como: Índice Greenpeace de Calidad Ambiental (Greenpeace, 2015), Índice de Ciudades Verdes de América Latina (Economist intelligence , 2010), la Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sostenible y sus Indicadores de seguimiento México 2012 (Semarnat & INEGI, 2012), Sistema de Indicadores para la Planificación Urbana-Ambiental de la ciudad de Paraná (Guerrero & Bustamante, 2018), Plan de Indicadores de Sostenibilidad Urbana de Vitoria-Gasteiz (Agencia de Ecología & Rueda, 2010), Medellín tres casos de estudio de sustentabilidad urbana a escala barrial (Restrepo Sánchez & Arboleda Morales, 2020), entre otros, los cuales permitirían una base de información relevante para el desarrollo de la presente investigación.

Sin embargo, a pesar de los innumerables estudios e informes relacionados a lo urbano, este estudio debe hacer las preguntas:

- ¿Cómo se construye la información?
- ¿Cómo se desfragmenta y se integra la información existente a la toma de decisiones?
- ¿Qué se puede hacer con esta información?

Múltiples Informes le han permitido a la Alcaldía de Medellín y al Área Metropolitana del Valle de Aburrá generar y aplicar iniciativas para la mitigación, control y protección del medio ambiente urbano vigentes al día de hoy, como el Sistema de Alerta Temprana del valle de Aburrá (SIATA) (AMVA, s.f.) con sus informes y avisos para entrar en procesos como la Alerta Naranja por la contaminación ambiental, el Índice de condición ambiental de Medellín (ICAM) , entre otros (Departamento administrativo de planeación, 2022).

De igual manera a través del desarrollo del pensamiento sostenible han surgido algunas iniciativas nacionales e internacionales con el mismo objetivo, evaluar lo urbano en temas de sostenibilidad. Por mencionar algunas:

- Sistema de Información Nacional para el Desarrollo sostenible de Colombia, 1997.
- Implementación del Sistema de Indicadores de Planificación y Seguimiento Ambiental (SIPSA), 1998.
- Indicadores de seguimiento para la gestión de “Nuestra Propia Agenda” en Brasil, 1992.
- Conjunto central de indicadores ambientales de la OCDE, 1994.
- Desarrollo de indicadores de sostenibilidad para comparar diferentes regiones mexicanas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en México, 1994.
- Sistema de información Ambiental de Colombia, 1996.
- Sistema de Información Nacional para el Desarrollo Sostenible de Colombia, 1997.
- Seattle Ciudad Sostenible, 1992.

Partiendo de estas interrogantes se plantea que el desarrollo de una metodología basada en indicadores para la evaluación de la sostenibilidad urbana a nivel barrial en la ciudad de Medellín contribuiría a disminuir la brecha entre las autoridades administrativas, la academia y el ciudadano común, amplificando las oportunidades de acceso y entendimiento a la información para la toma de decisiones oportuna y racional basada en cifras, además de la contribución en la construcción de lineamientos y recomendaciones de acción.

1.3 Estado del arte

A través de la revisión documental se encuentra que desde aproximadamente los años 70, con informes como Man and Biosphere (UNESCO, 1973) y más adelante en los 90 comienzan a aparecer en temas más acordes con esta investigación, algunas iniciativas mencionadas anteriormente como: el Sistema de Indicadores de Planificación Ambiental (SIPSA) en 1998, el conjunto de indicadores de la OCDE en 1994 o el Desarrollo de indicadores de sostenibilidad para la comparación de regiones mexicanas en 1994 entre otras.

Algunos de los trabajos que se destacan son la Propuesta de Índice de Calidad de Vida en la Vivienda (Salas-Bourgoin, 2012), El Urbanismo Ecosistémico (Rueda-Palenzuela, 2019), la Encuesta de Calidad de Vida (Departamento Administrativo, 2022) y demás censos poblacionales de la misma institución, el Programa de indicadores urbanos propuesto por la Conferencia de Asentamientos Humanos (ONU, 1995), los indicadores de presión ambiental de la Oficina de Estadística de la Comisión Europea (EUROSTAT) en 1999, los 30 indicadores ambientales de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) en 1993, El informe "Medio Ambiente en Europa" por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) de 1995, la "Tabla de abordo" de indicadores del Instituto de Bruselas para la Gestión del Medio Ambiente de 1995, los indicadores del programa "Salud para Todos en el 2000" de la Organización Mundial de la Salud (OMS), los Indicadores de Sostenibilidad de Vitoria-Gasteiz de 1998, entre otros ya mencionados anteriormente.

La sostenibilidad urbana también se ha trabajado en el territorio nacional con esfuerzos gubernamentales como la Política de Gestión Ambiental Urbana (Viceministerio de ambiente, 2008) con la formulación del Índice de Calidad Ambiental Urbana (Minambiente, Índice de Calidad Ambiental Urbana, 2016) para la vigilancia de las afectaciones en el medio ambiente urbano.

1.4 Marco teórico

En el segmento siguiente del trabajo investigativo se evidenciará la construcción del marco teórico para la teorización del problema de investigación (Ilustración 3).

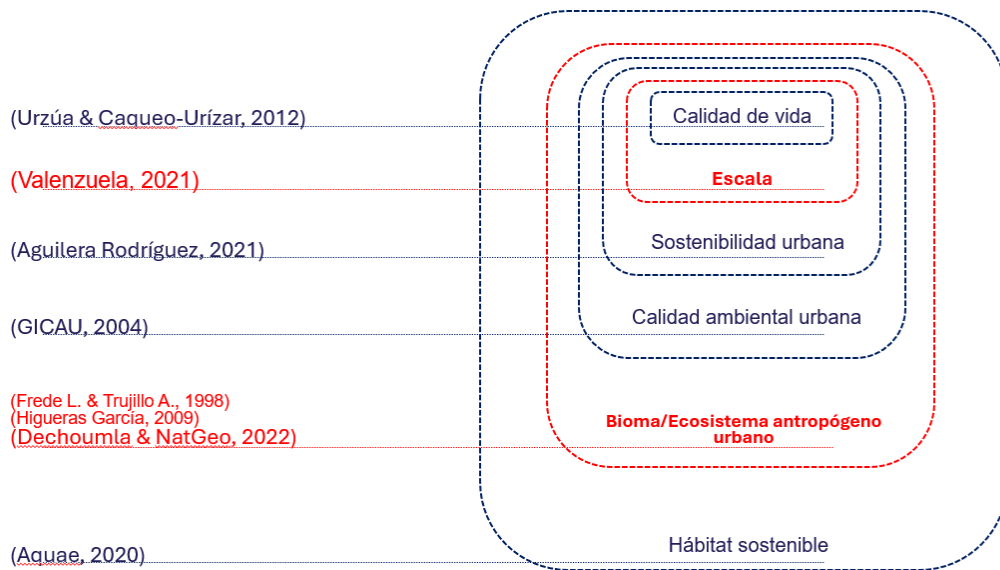


Ilustración 3 - Marco teórico, elaboración propia

1.4.1 Ecosistema urbano/Ecosistema Antropógeno urbano

El término de “ecosistema urbano” es reconocido internacionalmente desde la década de los 70 por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) a través del informe del programa Man and Biosphere (UNESCO, 1973).

Urbano es un adjetivo que significa “de la ciudad o relacionado con ella”. Y ecosistema, según la Real Academia Española, es un “Sistema ecológico constituido por un medio y los seres vivos que habitan en él, así como por sus relaciones mutuas...” pero en un segundo significado del mismo diccionario menciona el concepto como un grupo complejo de elementos que pertenecen a un determinado ámbito (RAE, 2024).

Concepto que nos permite hablar del ecosistema urbano al situar el concepto de ecosistema en el entorno urbano de la ciudad, ya que en la ciudad se encuentra una base urbanizada y una serie de organismos vivientes que interactúan y se relacionan conformando un sistema. Sistema que conforma la interacción urbana a partir de intercambios de información, energía y materia, las características traídas de la definición de ecosistema. Se debe aclarar que todo ecosistema natural cumple con tres primicias, tiene un metabolismo circular (1), cuenta con una fuente de energía infinita que respalda su funcionamiento (2) y contiene organismos que se relacionan entre sí (3); la ciudad incumple los primeros dos (Higuera García, 2009).

En resumidas cuentas, la definición de ecosistema urbano se entiende como una población humana emplazada en un ámbito urbano, contemplando entonces características importantes como la estructura de la urbanización y su tamaño, características que afectan enormemente al individuo dentro del ecosistema (Frede L. & Trujillo A., 1998). Entonces partiendo del concepto principal del “Ecosistema urbano” y al comprender al ser humano como organismo base dominante y del cual dependen todas las relaciones y la urbanización como su hábitat natural. Entenderemos pues que el ecosistema urbano como concepto que se utilizará en este trabajo parte de la antropización del ecosistema o, en otros términos, del ecosistema antropógeno urbano (Ilustración 4).

Marco metodológico para la evaluación de la sostenibilidad urbana a escala barrial en la ciudad de Medellín

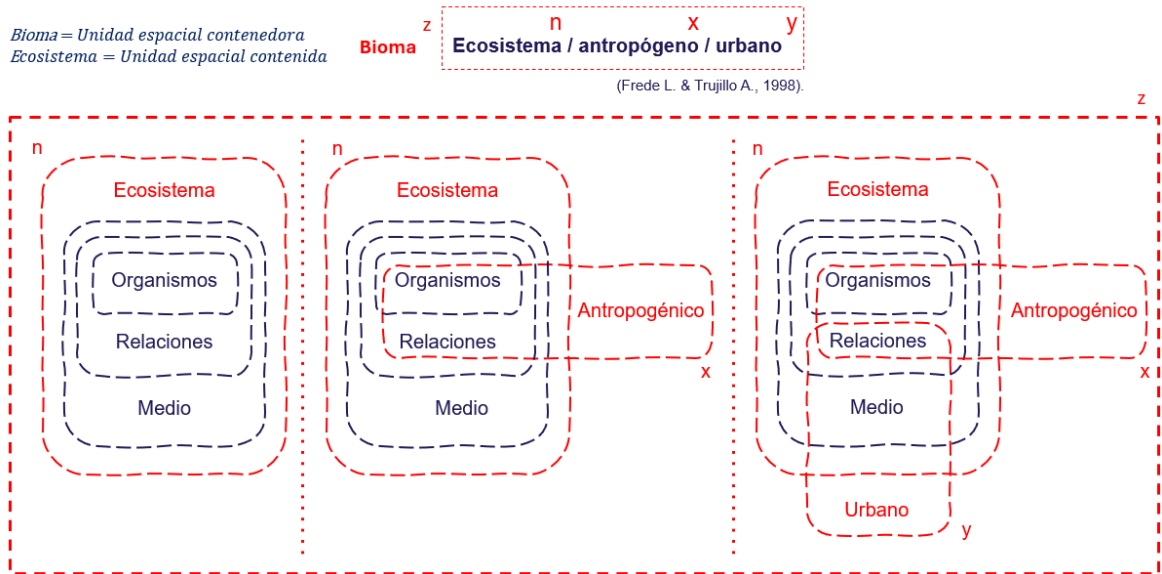


Ilustración 4 - Ecosistema antropogénico urbano, elaboración propia.

Además, se tomará el ecosistema como unidad espacial contenida y el bioma como unidad contenedora en las diferentes escalas.

1.4.2 Bioma

Se le llama bioma a los ecosistemas que comparten características como la vegetación, clima, fauna, entre otras. Por ejemplo: en los biomas terrestres se suelen denominar dependiendo de la vegetación que predomine en su ámbito territorial, encontrando así biomas como bosque tropical lluvioso, bosque templado lluvioso, bosque de coníferas, etc. (CCH, 2017).

Teniendo en cuenta lo anterior esta clasificación permitirá emplear los biomas como grupos de ecosistemas urbanos desde sus características predominantes al igual que en la naturaleza.

Se utilizará este término también como unidad espacial contenedora de unidades espaciales contenidas (ecosistemas) como se ve en la Ilustración 5.

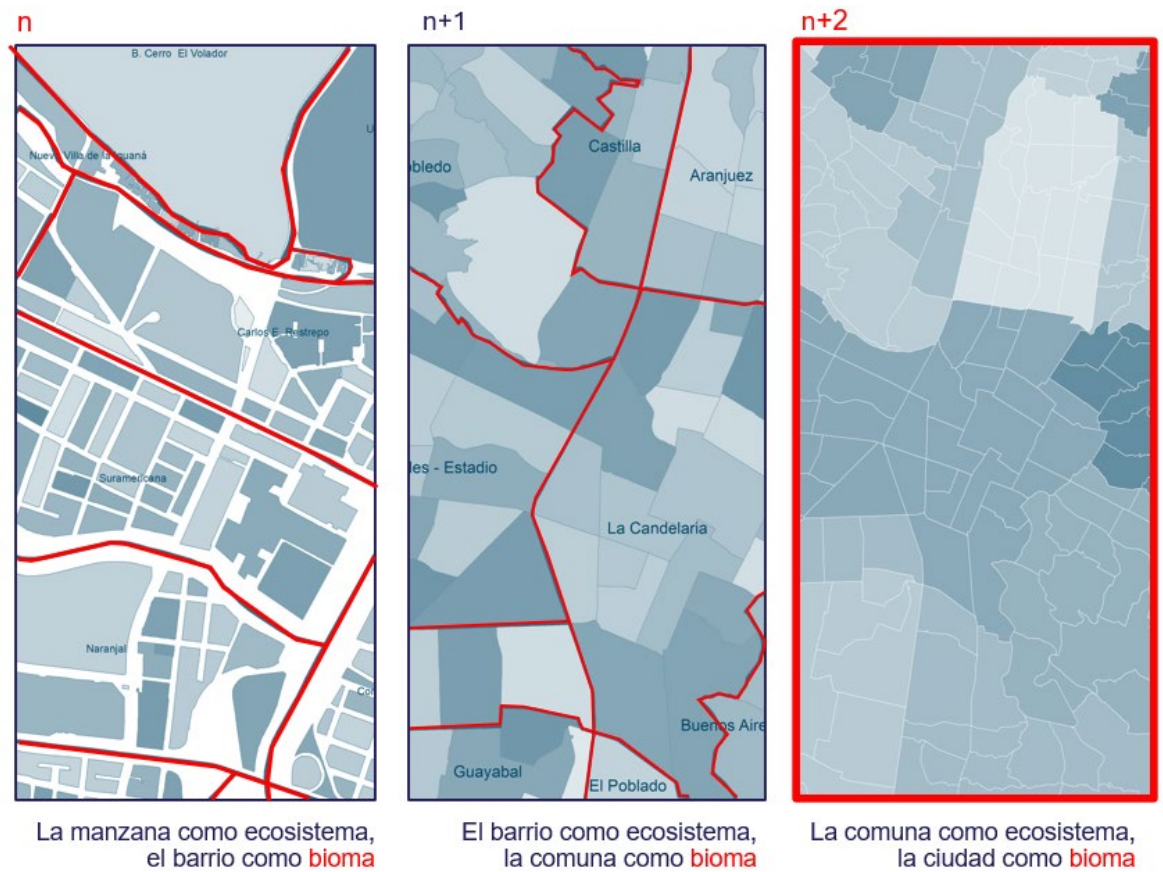


Ilustración 5 Bioma, elaboración propia

1.4.3 Sostenibilidad urbana

Según Ana Rosa Aguilera, es el proceso hacia un desarrollo urbano sostenible, que proporcione calidad de vida sin degradar el entorno, ni renunciar al desarrollo económico, dar soluciones a la desigualdad social y a la destrucción de los ecosistemas naturales. Posee paradigmas propios como el desarrollo económico y la participación social equitativos y la protección ecosistémica, siendo así la principal vía para respaldar la habitabilidad del mundo futuro contra el desmedido

crecimiento urbana y la demanda de recursos naturales (Aguilera Rodríguez, 2021).

En otras palabras, se infiere que la sostenibilidad urbana está relacionada con la calidad social, ambiental, económica y físico-espacial del espacio vital de las personas. Se debe tener en cuenta que urbanismo sostenible no es sinónimo de desarrollo sostenible, ya que puede haber desarrollo sostenible sin contemplar el urbanismo sostenible.

Para Salvador Rueda, este concepto se expresa a través de la ecuación de la eficiencia urbana:

$$\frac{E}{nH}$$

Entendiendo a partir de que **E** es el gasto de recursos referido en términos energéticos y **nH** siendo el nivel de organización urbana, **n** como el número de actores que ejercen presión sobre los recursos naturales y **H** la diversidad de estos en términos de conocimiento, información y niveles de tecnología en pro de la sostenibilidad (Rueda-Palenzuela, 2019).

$$\frac{E}{nH} \quad \frac{E}{nH} \quad \frac{E}{nH} \quad \frac{E}{nH}$$

t →

Ilustración 6 - Escenario actual, elaboración propia

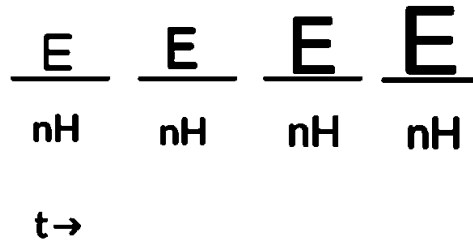


Ilustración 7 - Escenario ideal, elaboración propia

El sistema actual es insostenible como se ve en la Ilustración 6, en este sistema se mantiene en crecimiento constante el gasto de recursos, pero la relación entre los actores y la diversidad se mantiene estática

Y por otro lado el sistema deseado en la Ilustración 7, sistema en el que disminuye el consumo de recursos y aumentan los actores y la diversidad de los mismos.

Se plantea entonces que es vital la vinculación de estos conceptos, tratar fenomenologías como degradación ambiental y la segregación social. Por otro lado se plantea que es necesaria la búsqueda, dentro del desarrollo urbano, que construya un equilibrio entre la cohesión social, la equidad económica y la protección ambiental (Escudero de Fonseca, 2013).

1.4.4 Hábitat sostenible

Primero se debe hablar por separado del concepto hábitat que, según la Real Academia Española, es un espacio con condiciones aptas para la supervivencia de un ser vivo o comunidad, ya sea vegetal o animal (RAE, 2024).

Generalmente se asocia este concepto a temas físico-espaciales, obviando elementos importantes que modifican y amplían su definición constantemente. El término en la ecología se usa normalmente para entender el lugar donde se desarrolla los organismos vivos. Es importante acotar el hecho de que poco a poco esta noción ha migrado a significar los ámbitos y espacios donde el hombre habita (González González, 2002)

Por ende, es necesario ir más allá de la idea de que el hábitat está relacionado a lo material, que es un objeto o que simplemente es la huella física de los humanos en los lugares, tal cual lo simplifica el discurso desarrollista. Se debe entender que estos procesos del hábitat y del habitar son el resultante de la realidad de la diversidad de quienes construyen y padecen (Jiménez García, 2013). Se plantea entonces el hábitat sostenible como el plano sobre el cual se relacionan los sistemas social y ecológico en pro de crear relaciones efectivas para la supervivencia, y así mismo se puede trasladar esta reflexión a los planos físico, espacial, económico, social y ambiental del entorno; el lugar espacio temporal donde se construyen y desarrollan las interacciones ecológico humanas transversalizadas en las dimensiones culturales, políticas, sociales y biológicas (Hernández). Los ODS, para el contexto directo del Hábitat Sostenible, hablan por medio de la Fundación Aquae, describiéndolo como además del espacio físico, como las distintas relaciones de los habitantes como personas individuales en un entorno de ciudad propiciando la colectividad (Aquae, 2020). Es la colectividad, el empoderamiento y la apropiación de los lugares, lo que potencializa el aspecto sostenible del término. Por otro lado, Los ODS directamente relacionados con el concepto son: (17) Alianzas para lograr los objetivos, (15) Vida de ecosistemas terrestres, (11) Ciudades y comunidades sostenibles, (8) Trabajo decente y crecimiento económico, por mencionar algunos.

Desde otra mirada, el informe Hábitat II (Naciones Unidas, 1996) propone integrarlas siguientes dimensiones:

- Vivienda digna
- Desarrollo sostenible de asentamientos
- Participación ciudadana y fortalecimiento institucional (Klaus Bodemer & J. I. Ziccardi, 1999).
- Revisar la privatización y la desigualdad frente a la globalización (López Hernández, s.f.)

Siendo así al hablar del hábitat sostenible en este estudio se hará enfascando el concepto dentro de 3 pilares importantes: Ocupación (1), Infraestructura (2) y Usuario (3), comprendiéndose como las diferentes formas de llenar el territorio,

desde la zonificación, el uso, la volumetría y el riesgo ambiental (1), el metabolismo en función de la conectividad y comunicación, la movilidad y el manejo de residuos (2) y las distintas densidades demográficas y como estas se relacionan con las coberturas del ambiente.

1.4.5 Calidad Ambiental Urbana (CAU)

En 1968 Burton en Estados Unidos, menciona el concepto de calidad ambiental refiriéndose al derecho a tener aire limpio por parte de los ciudadanos y las demás formas de vida en el territorio y vinculándolo directamente con la calidad de vida (Burton, 1968).

En Colombia, el artículo 81 de su constitución política, menciona el medio ambiente sano como un derecho fundamental que debe ser resguardado por las entidades estatales.

Para el Grupo de Investigación de Calidad Ambiental Urbana de Mérida, Venezuela (GICAU, 2004), la Calidad Ambiental Urbana (CAU) se entiende como las condiciones óptimas en términos biológico, funcional, habitable, ecológico, confort, económico, productivo, sociocultural, tecnológico y estético del hábitat urbano.

1.4.6 Calidad de vida

Para teóricos como Max-Neef, con planteamientos como el Desarrollo a Escala humana (Max-Neef, Elizalde, & Hopenhayn, 2010), este concepto depende directamente de las posibilidades de satisfacer sus necesidades fundamentales como ser, hacer, tener, y estar.

La ONU en el informe “Definición y medición internacional del nivel de vida” (ONU, 1961), estableció los primeros indicios de los aspectos principales de este concepto, hablando de temas como salud, nutrición, vivienda, seguridad de empleo, vivienda, recreo, libertad, entre otros. Para así poder comenzar a crear sistemas de indicadores medibles y corroborables en el campo internacional. Teniendo en cuenta la explicación del concepto anterior y su frase final, se podría

entonces entender que los indicadores y sus formas de medirse irían variando dependiendo de los contextos sociales, culturales y económicos de las diferentes regiones del mundo.

Para el contexto colombiano, el DANE basa este concepto en las necesidades humanas que explica en La Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV), variables que nombra como: tipo de vivienda y características físicas (material de paredes y pisos), conexión a servicios públicos, privados y/o comunales (Costo de los mismos), variables demográficas (edad, sexo, estado civil, migración, entre otros), acceso y cobertura en salud, tasas brutas de y netas de escolaridad, entre otras (DANE, 2022).

Y en términos de este estudio la calidad de vida se podrá analizar desde la perspectiva de las distintas relaciones que sostiene el usuario (habitante) con su entorno cercano llámese este barrio o comuna.

1.4.7 Indicadores

Se entiende por indicador como un resultado estadístico cuantitativo o cualitativo utilizado normalmente para entender, visualizar y describir fenómenos, comportamientos parámetros de los sucesos en la región de estudio. Dichos procesos por entender son analizados a través de una o múltiples variables, que al ser comparadas con otros estudios o con proyecciones temporales ayudan a comprender los comportamientos de lo estudiado de manera integral (DANE, 2002).

Según el DANE, cualquier indicador debe cumplir 3 características: Simplificación (1), Medición (2) y Comunicación (3).

En la simplificación (1) del indicador se debe comprender que intenta abarcar la realidad multidimensional, debe abarcar una de las dimensiones (social, cultural, económica, etc.), pero no puede contener todas. En la Medición (2) se debe permitir la comparación del estado actual del objeto de estudio, bien sea con patrones establecidos, otros objetos u otras temporalidades y por último la Comunicación

(3), todo indicador debe ser posible de comunicarse, bien sea con gráficos o textos, pero debe servir para tomar decisiones sobre la temática de estudio.

Para que un indicador se convierta en una herramienta útil en cualquier campo para el que sea utilizado se establecen los siguientes objetivos como principales:

- La generación de información útil para la toma de decisiones.
- El monitoreo para el cumplimiento de objetivos o metas.
- La cuantificación de los fenómenos.
- La evaluación de los procesos.

En el universo de los indicadores relacionamos para este trabajo: indicadores de medición (cuantitativos y cualitativos), según nivel de intervención (impacto, resultado, producto, proceso e insumos), según jerarquía (gestión, estratégicos) y de calidad (eficacia, eficiencia, efectividad) (DANE, 2002).

Se contempla que uno de los desafíos principales a los que se enfrenta el trabajo a escala territorial es la segmentación y la existencia de los datos para trabajar. Se separan los indicadores en algunos casos en contextos de países en desarrollo (agua, reducción de la pobreza, desarrollo, vivienda digna, entre otros) (Torre Jofré, 2009) y países desarrollados (calidad ambiental, movilidad, participación ciudadana, etc.) (Labrada Téllez, 2013).

La autora Nora Nacif, plantea el diseño de indicadores urbanos de sostenibilidad en 3 subsistemas (Nacif, 2016):

1. Físico-espacial
2. Socio-económico-cultural
3. Ambiental

Es división establecida dependiendo de la calidad de información en cada contexto a analizar. Los indicadores no se diseñan para establecer un amplio espectro de los fenómenos ambientales, sino para comprender las tendencias en los datos y establecer alertas tempranas en los diferentes campos, además la pertinencia de estos indicadores está directamente relacionada entre el problema a resolver, la variable y el indicador, no tener en cuenta esta relación puede obtener resultados con poca pertinencia (Polanco, 2006).

1.4.8 Escala barrial

La escala barrial o local es un concepto que permite comprender el alcance, el tamaño y los límites de una zona geográfica dentro de un territorio, se caracteriza

por contener un mayor detalle en función de la relación de los actores dentro del territorio, como nombres de calles, nombres de comercios y servicios y distancias cortas entre estos (Lifeder, 2022).

Un barrio compone una unidad estructural morfológica, se caracteriza por un paisaje particular, un contenido social y cultural particular y una función definida, debido a esta estructuración de las características básicas, cuando hay un cambio en alguna, cabe la posibilidad que allí se encuentre el límite del barrio (Rossi, 1982).

En otras palabras, un barrio es una unidad de distinción, delimitación administrativa y topológica, un punto de referencia, un conglomerado urbano de residencia y servicios, que se caracteriza por las similitudes dentro de sus habitantes, su paisaje y sus servicios. Además, existe la clasificación entre el barrio formal, donde existe la legalidad en la tenencia de la vivienda, la prestación de servicios básicos y la ocupación del territorio; y el informal, donde es ausente una o varias de las condiciones anteriormente mencionadas.

Para el proceso actual entonces será la escala barrial la unidad de medida para el tamaño de los datos, variando los análisis entre barrio y comuna/zona; mostrando así la potencialidad escalar del estudio (Ilustración 8)



Bioma = Unidad espacial contenedora
Ecosistema = Unidad espacial contenida

Ilustración 8 - Escala, elaboración propia

1.5 Hipótesis y predicciones

1.5.1 Hipótesis

El desarrollo de una metodología para la evaluación de la sostenibilidad urbana a nivel barrial en la ciudad de Medellín permitirá el desarrollo de herramientas y lineamientos para el estudio, monitoreo, control y toma de decisiones en pro del hábitat sostenible.

1.5.2 Predicciones

- Con la metodología se obtendrá el aplicativo "tu ciudad" en el cual, siendo un veedor ciudadano podrá revisar y entender gráficamente el comportamiento del territorio dentro de los diferentes indicadores a revisar
- Gracias a la metodología se establecerán relación de cooperación entre los distintos observatorios de la ciudad bajo una red de hábitat sostenible del valle del Aburrá y por qué no del área metropolitana.
- A partir de la aplicación de la metodología para la evaluación de indicadores y sus resultados se fortalecerán las políticas públicas para la protección del medio ambiente, además de incrementar la tasa de acción oportuna y efectiva.
- Con la creación del ICEU se podrá establecer un monitoreo más estable y constante del territorio.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Desarrollar un marco metodológico para la evaluación de la sostenibilidad del ecosistema urbano a escala barrial - Indicador de calidad de ecosistema urbano ICEU.

1.6.2 Objetivos específicos

- I. **Identificar bases de datos disponibles e información bibliográfica** para el estudio y posible **medición de la calidad del ecosistema urbano** de la ciudad de Medellín, **tanto en medios oficiales como no oficiales.**
- II. Establecer criterios de evaluación de sostenibilidad urbana para el planteamiento de un marco de **indicadores de calidad ambiental urbana** a escala barrial.
- III. Construir un marco de indicadores para la evaluación de la **calidad ambiental urbana** a partir de la revisión de bases de datos nacionales e internacionales direccionados con los **criterios de sostenibilidad.**
- IV. **Aplicar marco metodológico de indicadores de calidad del ecosistema urbano** en áreas de la ciudad de Medellín que permitan el estudio de los fenómenos que ocurren en el territorio para **una mejor toma de decisiones.**

Capítulo 2 – Marco metodológico

2.1 Metodología

Este estudio se estructuró de 3 fases: Diagnóstico (1), la cual comprendió la revisión de la información pública disponible (bases de datos, información cartográfica y métodos), Desarrollo metodológico (2), la cual consistió en la selección de los indicadores base a través de un filtro doble comprendido por la metodología de selección CREMA y DANE, con la cual se construyó el marco de indicadores, dando paso así a La aplicación (3), dando como resultado el Indicador de Calidad del Ecosistema Urbano (ICEU) (Ilustración 9).

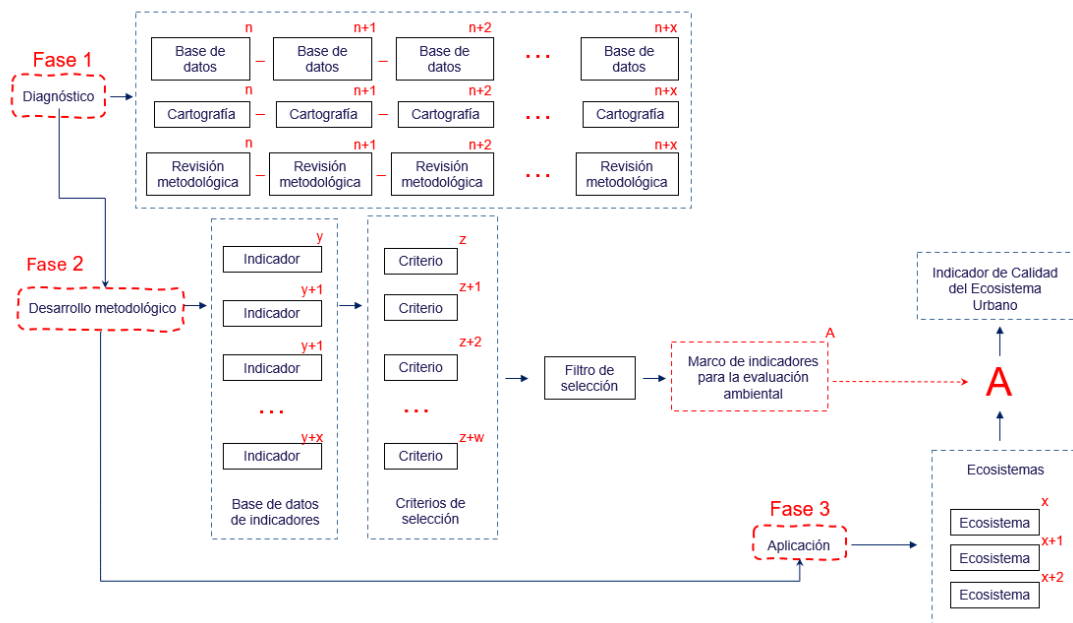


Ilustración 9 – Flujograma, elaboración propia

2.1.1 Métodos

En esta parte del documento se explicará las diferentes fases que conforman el desarrollo de la investigación (Ilustración 10).

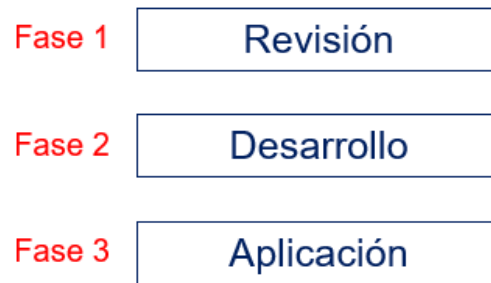


Ilustración 10 - Fases metodológica, elaboración propia

2.1.1.1 Etapa 1 – Diagnóstico

La etapa diagnóstica (Ilustración 11) contempló un enfoque cuantitativo debido a la revisión de información existente basada en sistemas de información geográfica (GIS/SIG), bases de datos estatales y de entidades de prestación de servicio como el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), Empresas Públicas de Medellín, Metro de Medellín, Alcaldía de Medellín, entre otras.

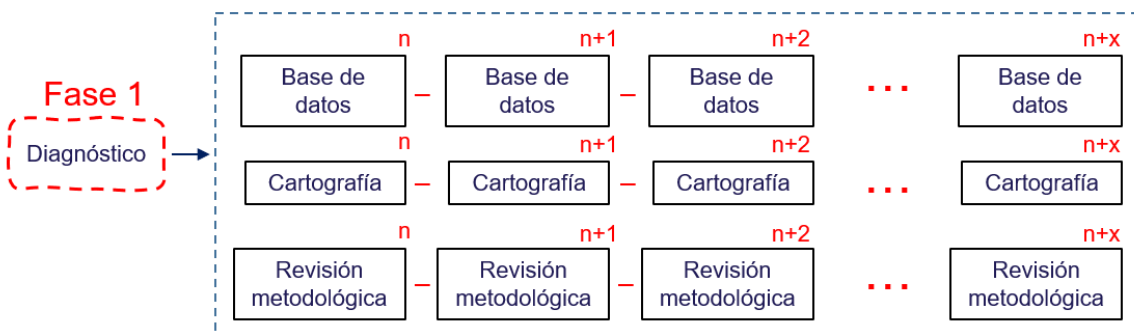


Ilustración 11 - Fase 1

Partiendo de esto, se construyó un estado del arte haciendo una revisión de la información existente y accesible sobre el territorio, extrayéndola de los portales de Open Data de Geo

Medellín, Datos abiertos Colombia y solicitudes a las entidades previamente mencionadas, estableciendo así una base de datos de cartografías e información tanto estadística como geográfica de arranque para el estudio.

Teniendo en cuenta lo anterior se hizo la respectiva selección de las zonas de análisis teniendo en cuenta los criterios de selección de indicadores y la calidad, cantidad y disponibilidad de la información.

2.1.1.2 Etapa 2 – Desarrollo del marco metodológico

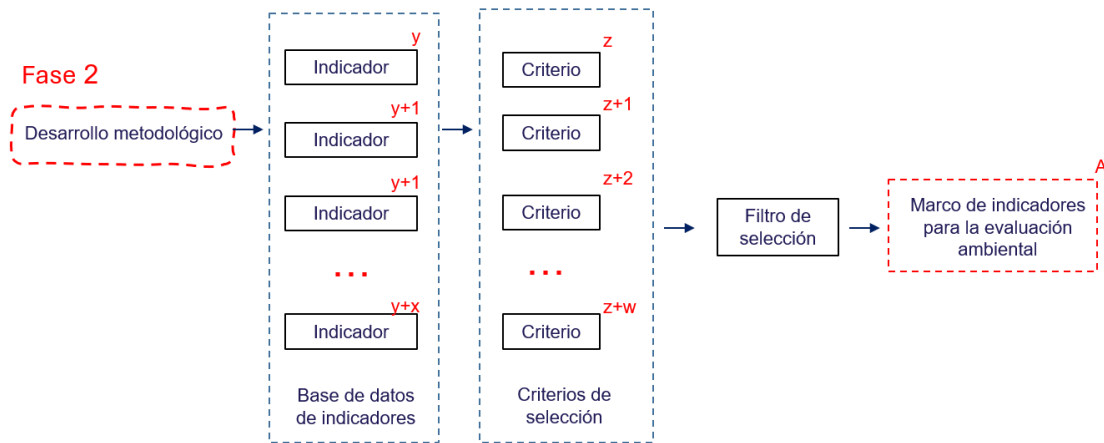


Ilustración 12 - Fase 2

Dentro del desarrollo del marco metodológico se planteó la revisión bibliográfica nacional e internacional, haciendo énfasis en las anteriormente mencionadas: CREMA del Banco Mundial (Zall Kusek, Rist, & Banco Mundial, 2005) (Tabla 3) y la Guía para el Diseño, Construcción e Interpretación de Indicadores del DANE (DANE, 2002) (Tabla 2) (Ilustración 12). Algunos de los indicadores de sostenibilidad (Tabla 1) que se sometieron al proceso del este estudio fueron:

Tabla 1 - Indicadores ejemplo

Fuente del Indicador	Indicador
Plan de Indicadores de sostenibilidad urbana de Vitoria-G	Densidad urbana de viviendas
Plan de Indicadores de sostenibilidad urbana de Vitoria-G	Compacidad absoluta
Plan de Indicadores de sostenibilidad urbana de Vitoria-G	Equilibrio entre actividad y residencia

Marco metodológico para la evaluación de la sostenibilidad urbana a escala
barrial en la ciudad de Medellín

Fuente del Indicador	Indicador
Plan de Indicadores de sostenibilidad urbana de Vitoria-G	Proximidad a punto de recogida de residuos
Plan de Indicadores de sostenibilidad urbana de Vitoria-G	Superficie verde por habitante
ICAU	Porcentaje de longitud de infraestructura vial para sistemas masivos y alternativos de transporte
ICAU	Espacio público efectivo por habitante
BID	Densidad (neta) de la población urbana
BID	Porcentaje de viviendas ubicadas en asentamientos informales

Ahora bien, este estudio contempló abordar los sectores o barrios que, por medio del diagnóstico y el desarrollo de los criterios de selección, demostraron contener la mayor cantidad y calidad de información, tanto geográfica como estadística. Para el actual estudio propuso hacer una doble verificación partiendo en primer lugar una metodología propuesta por el DANE y en segundo lugar la metodología CREMA propuesta por el Banco Mundial como se muestra en la Ilustración 13.

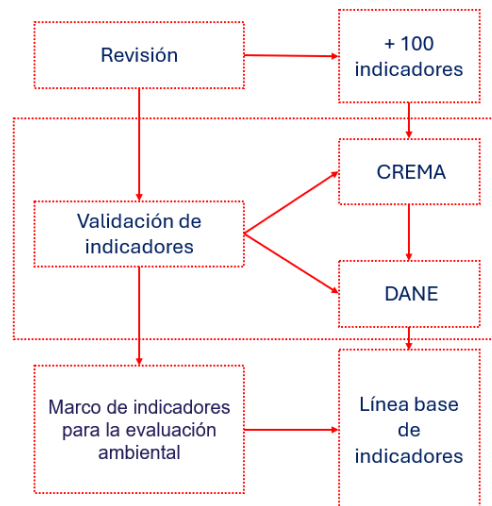


Ilustración 13 – Esquema doble filtro de verificación de indicadores

Como resultado del doble filtro el resultado sería una matriz de selección en la cual se filtró por CREMA, DANE y un criterio cualitativo desde el enfoque del autor, quedando la matriz de la siguiente manera:

Indicadores	Crema										DANE										Criterio cualitativo	Índice						
	Prezisa e inequívoco	Adequado al tema en cuestión	Disponible a un costo razonable	Abierto a validación independiente	Ofrece una base suficiente para estimar el desempeño	Total	% Aceptación	Pertinencia	Funcionalidad	Disponibilidad	Confiabilidad	Utilidad	Relevancia	Credibilidad	Accesibilidad	Oportunidad	Coherencia	No redundancia	Aplicabilidad	Interpretabilidad			Comparabilidad	Oportunidad	Total	% Aceptación	%Aceptación total	Escogido
Densidad urbana de viviendas	5	5	5	5	5	25	100,0%	5	4	5	4	5	4	5	5	5	5	3	5	4	4	4	67	89,3%	94,7%	Cumple	No	Usuario
Compacidad absoluta	4	4	5	5	5	23	92,0%	4	4	5	4	4	4	4	5	3	5	5	5	3	4	3	62	82,7%	87,3%	Cumple parcial	No	Ocupación
Compacidad corregida	5	5	5	5	5	25	100,0%	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	74	98,7%	99,3%	Cumple	Si	Ocupación
Accesibilidad del viario público peatonal	3	4	4	5	3	19	76,0%	4	4	4	3	3	3	4	4	4	5	3	4	4	3	4	56	74,7%	75,3%	Cumple parcial	No	Infraestructura
Accesibilidad peatonal transporte masivo	4	5	5	4	5	23	92,0%	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	5	73	97,3%	94,7%	Cumple	Si	Infraestructura
Accesibilidad peatonal rutas de bus	4	5	5	4	5	23	92,0%	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	5	73	97,3%	94,7%	Cumple	Si	Infraestructura
Accesibilidad peatonal centros de actividad	4	5	5	4	5	23	92,0%	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	5	73	97,3%	94,7%	Cumple	Si	Infraestructura

Ilustración 14 – Ejemplo matriz de selección de indicadores

El DANE, en la Guía para Diseño, Construcción e Interpretación de Indicadores (DANE, 2002), se propone una línea de trabajo dividida en 15 pasos para la correcta selección de indicadores discriminados en la siguiente tabla (Tabla 2).

Tabla 2 - Criterios de selección de indicadores según el DANE

	Criterio	Objetivo
1	Pertinencia	Busca que el indicador permita describir la situación o fenómeno determinado, objeto de la acción.
2	Funcionalidad	Verifica que el indicador sea medible, operable y sensible a los cambios registrados en la situación inicial
3	Disponibilidad	Los indicadores deben ser construidos a partir de variables sobre las cuales exista información estadística de tal manera que puedan ser consultados cuando sea necesario
4	Confiabilidad	Los datos deben ser medidos siempre bajo ciertos estándares y la información requerida debe poseer atributos de calidad estadística.
5	Utilidad	Que los resultados y análisis permitan tomar decisiones.

Marco metodológico para la evaluación de la sostenibilidad urbana a escala
barrial en la ciudad de Medellín

	Criterio	Objetivo
Calidad estadística		
6	Relevancia	Depende del grado de utilidad para satisfacer el propósito por el cual fue buscada por los usuarios.
7	Credibilidad	Evalúa si los indicadores están soportados “en estándares estadísticos apropiados y que las políticas y prácticas aplicadas sean transparentes para los procedimientos de recolección, procesamiento, almacenaje y difusión de datos estadísticos” (INE, 2007).
8	Accesibilidad	Evalúa la “rapidez de localización y acceso desde y dentro de la organización. [...] La accesibilidad incluye la conveniencia de la manera en que los datos están disponibles, los medios de divulgación, la disponibilidad de metadatos y servicios de apoyo al usuario” (OECD, 2003, p. 9)
9	Oportunidad	Evalúa el cumplimiento del “tiempo transcurrido entre su disponibilidad y el evento o fenómeno que ellos describan, pero considerado en el contexto del periodo de tiempo que permite que la información sea de valor y todavía se puede actuar acorde con ella” (OECD, 2003).
10	Coherencia	Evalúa que el proceso estadístico posea una adecuada consistencia y coherencia y esté sujeta a una política de revisión previsible.
Utilidad y comprensión de los indicadores para el usuario		
11	Aplicabilidad	Debe responder a una necesidad real que haga necesaria su generación y su utilización.
12	No redundancia	Debe expresar por sí mismo al fenómeno sin ser redundante con otros indicadores. Existe la posibilidad que dos indicadores se encuentren altamente correlacionados, esto hace que la información contenida en estos sea muy similar, lo cual indicaría la posibilidad de utilizar uno de ellos. En lo posible, se debe construir un solo indicador por proceso objeto de medición.
13	Interpretabilidad	Debe ser fácil de entender para todos, especialistas y no especialistas
14	Comparabilidad	Debe ser comparable en el tiempo siempre y cuando utilice como base la misma información. También debe ser comparable con otras regiones o países. La evolución de un indicador está determinada por los cambios que ocurran en la información que la sustenta.

	Criterio	Objetivo
15	Oportunidad	Debe ser mensurable inmediatamente se tiene disponible los datos que interrelaciona. Debe construirse en el corto plazo para facilitar la evaluación y el reajuste de los procesos para alcanzar las metas.

Y la segunda parte del filtro de criterios de selección consta de la metodología CREMA, la cual consiste en un conglomerado de criterios para el desarrollo o evaluación de indicadores en un proyecto (Zall Kusek, Rist, & Banco Mundial, 2005) (Tabla 3).

Tabla 3 - Metodología CREMA según Banco Mundial

CREMA	
C	¿Es un indicador suficientemente preciso para garantizar una medición objetiva?
R	¿Es el indicador un reflejo lo más directamente posible del objetivo?
E	¿Es el indicador capaz de emplear un medio práctico y asequible para la obtención de los datos?
M	¿Están las variables del indicador suficientemente definidas para asegurar que lo que se mide hoy es lo mismo que se va a medir en cualquier tiempo posterior, sin importar quien haga la medición?
A	¿Es el indicador suficientemente representativo del total de los resultados deseados y su comportamiento puede ser observado periódicamente?

2.1.1.3 Etapa 3 – Validación y aplicación del marco metodológico

Partiendo entonces de la selección de indicadores y de la definición de las zonas de estudio en la fase 1 y 2, se hará la aplicación del marco metodológico basado en indicadores sobre el territorio, evaluando con cada indicador escogido la zona definida, obteniendo resultados cartográficos estadísticos que permitan la comprensión de la calidad del ecosistema urbano y permitir así la formulación de proyecciones, lineamientos y recomendación para la gestión del territorio (Ilustración 15).

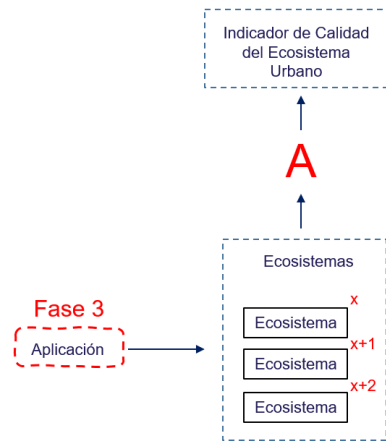


Ilustración 15 – Fase 3

Para el proceso de validación de la metodología se citará un panel de expertos de diferentes disciplinas para la revisión general de la ponderación de los indicadores seleccionados y así lograr un resultado consensuado del indicador, esto se evidenciará en el Capítulo 4 – Validación y Aplicación del modelo.

2.1.1.4 Panel de expertos

Para este proceso se estableció como panel de expertos un grupo de trabajo de profesionales especializados con interés en la temática general de la investigación, docentes y con relevancia en el estudio de la problemática trabajada. Esta etapa se desglosa de manera integral en el apartado 4.2 Panel de expertos.

2.1.2 Unidad territorial de análisis

La unidad territorial de análisis para este estudio se centra en la población y sus distintas proyecciones a futuro y el entorno construido que se encuentra dentro de los límites urbanos del Distrito de Ciencia, Tecnología e Información (Ilustración 16), zona que puede verse aumentada o disminuida de acuerdo con la disponibilidad de información a escala barrial que se verificará en el levantamiento de este estudio.

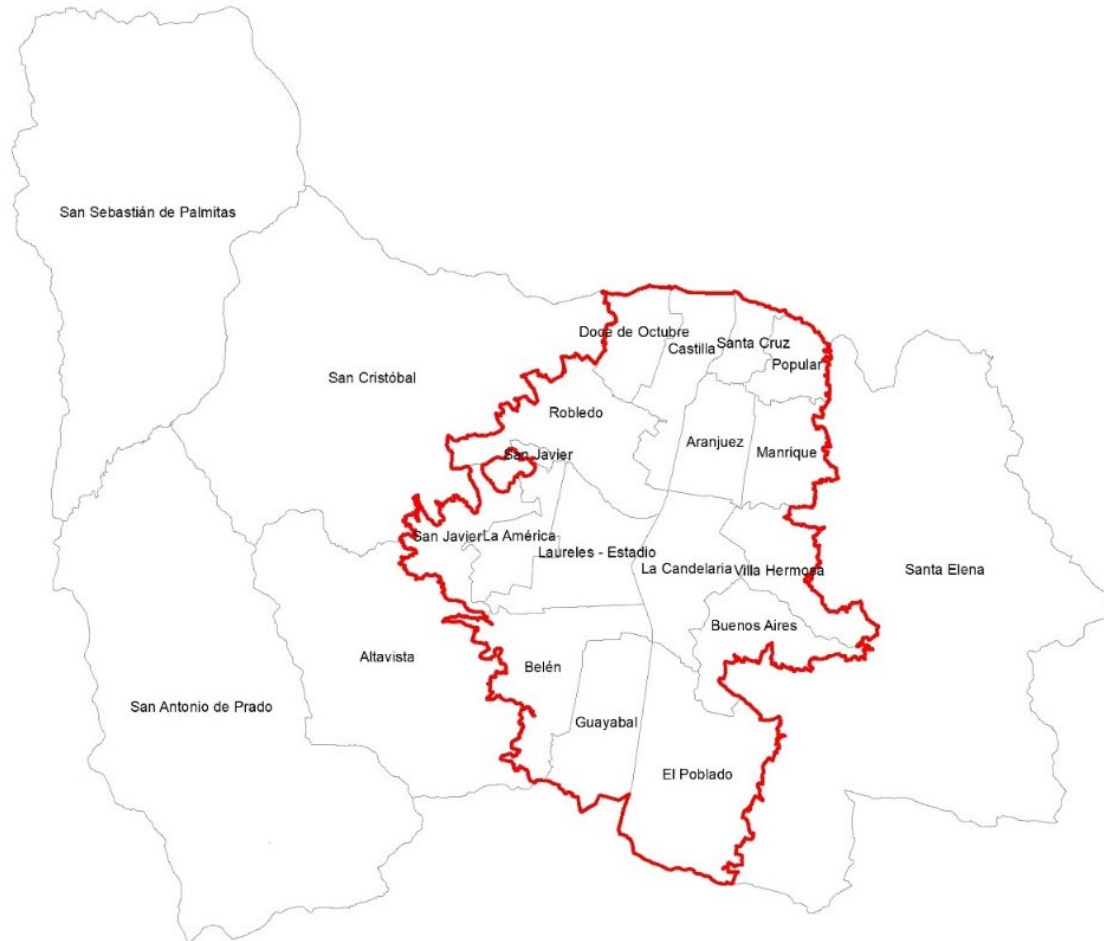


Ilustración 16 - Delimitación zona de estudio, comunas de Medellín, elaboración propia.

Este estudio utilizó los datos de las Proyecciones de Población de Medellín a nivel Barrio del Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV) del 2018, el cual abarca del año 2018 al 2030, para los análisis realizados se usó específicamente la información del año 2024 que contempla una población total de 2'332.634.

El presente estudio tiene lugar en el Valle de Aburrá, comprendido solo por las 16 comunas, sin tener en cuenta los corregimientos asociados al municipio de Medellín, como se puede apreciar en la Ilustración 17.

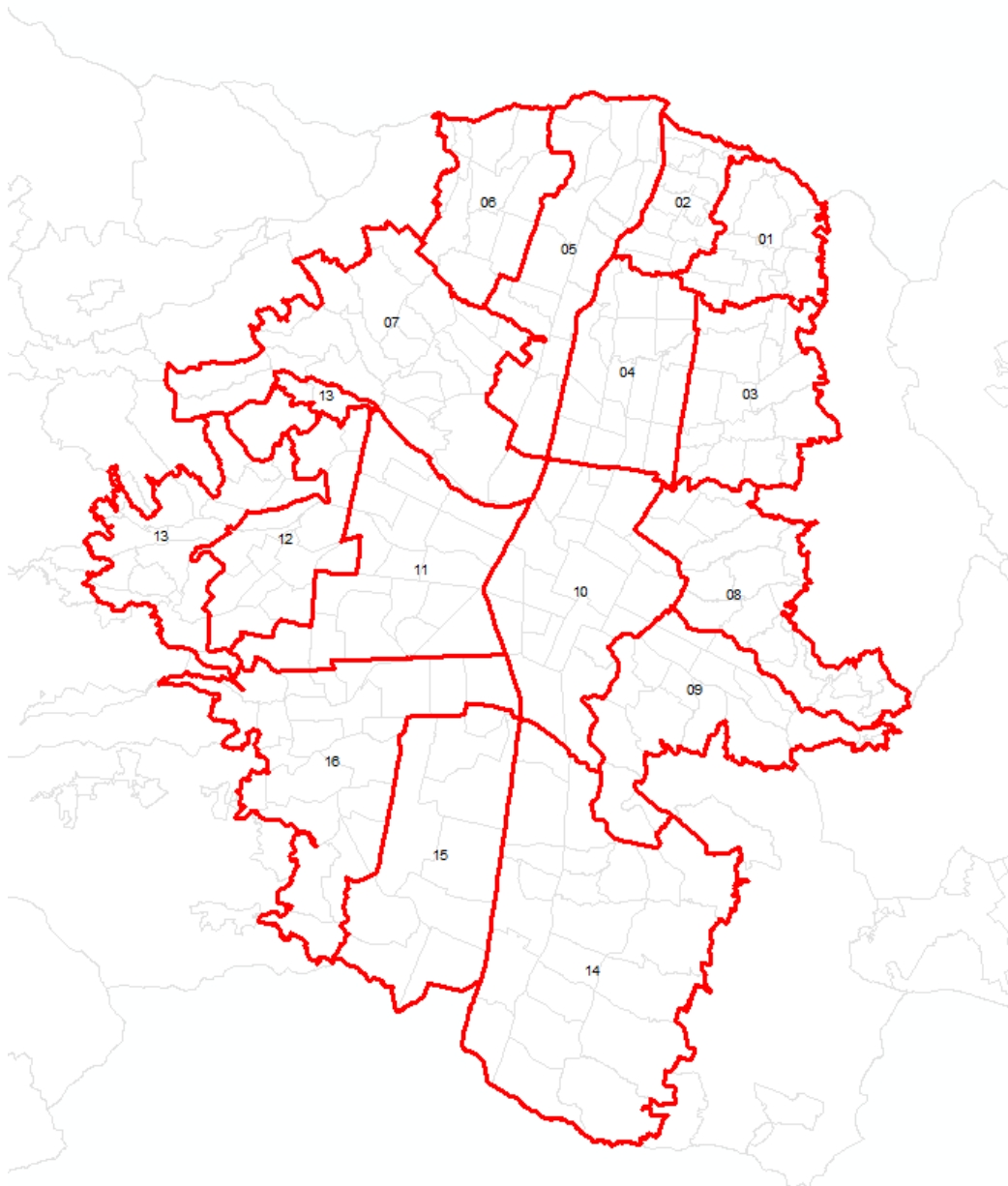


Ilustración 17 – Mapa zona de estudio

La especificidad de las zonas de estudio fue resultado del cumplimiento de los objetivos, pero se cumplirá con un mínimo de 4 comunas para la revisión comparativa dentro del ámbito en la ciudad de Medellín, los cuales son: Poblado (Comuna 14), La América (Comuna 12), La Candelaria (Comuna 10) y Manrique (Comuna 3), como se observa en la Ilustración 18.

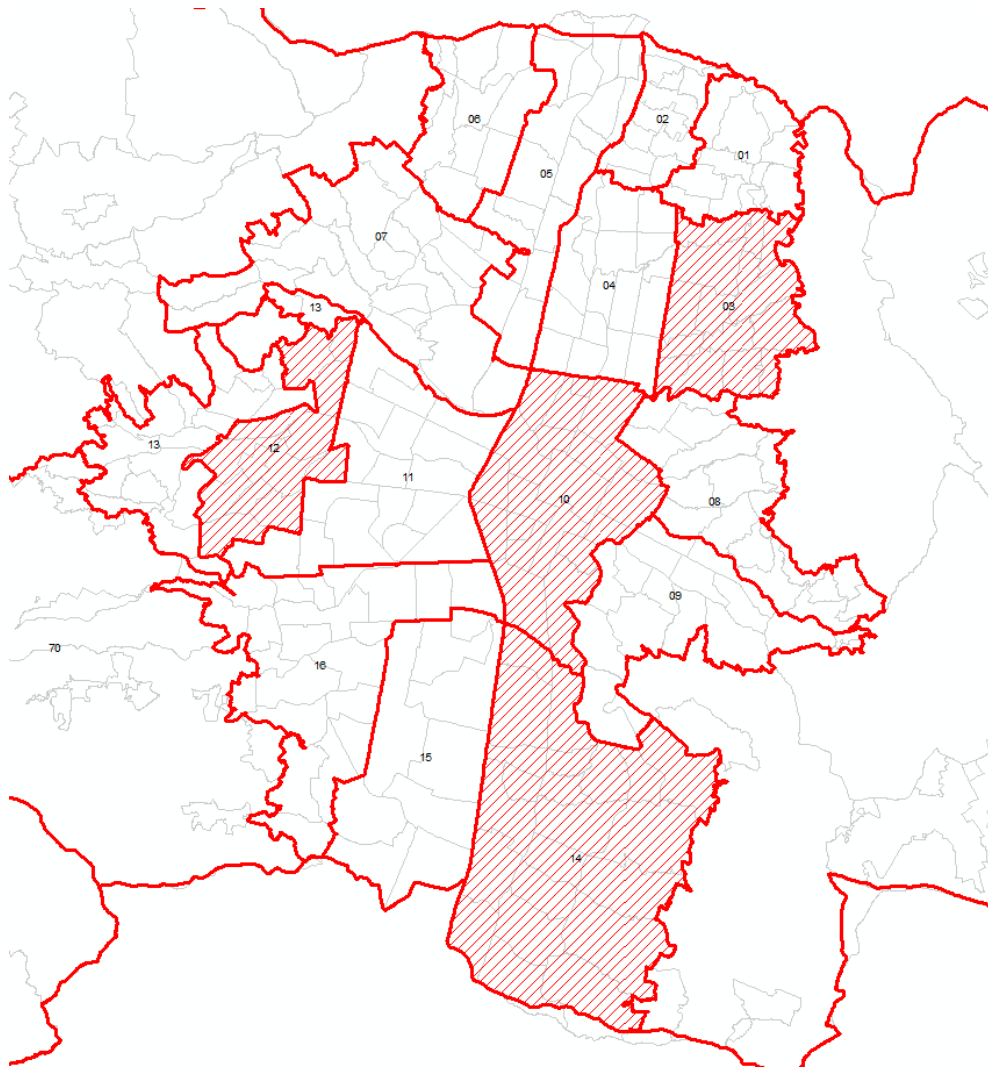


Ilustración 18 – Mapa comunas seleccionadas

Marco metodológico para la evaluación de la sostenibilidad urbana a escala
barrial en la ciudad de Medellín

Se optó por revisar estas comunas debido a que estas están diferenciadas claramente en la escala de medición posterior a la aplicación del ICEU, además de representar diferencias territoriales dentro de la ciudad en ocupación, estrato y demás factores que definen el territorio, como se puede ver inicialmente en Ilustración 19 y luego más ampliado en Ilustración 20.

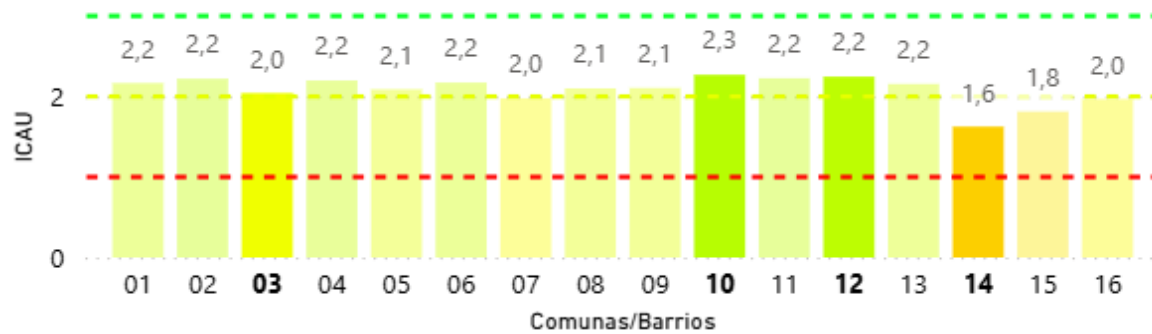
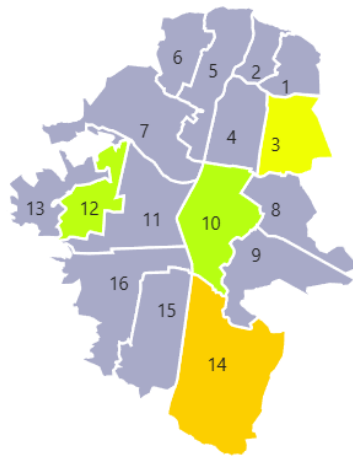


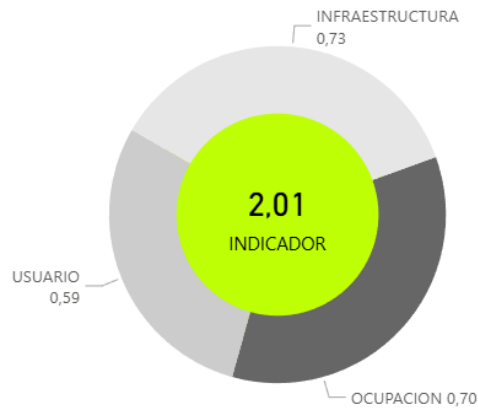
Ilustración 19 – ICEU comparativo comunas

2,01

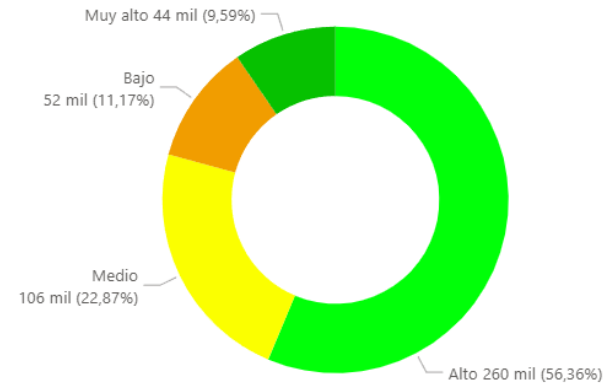
ICEU



Comunas



Población/ICEU



Calificación ● Alto ● Medio ● Bajo ● Muy alto



Calificación

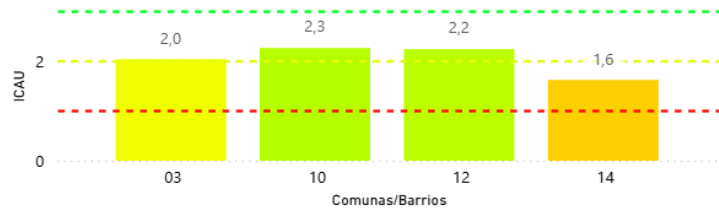


Ilustración 20 – ICEU para comunas seleccionadas 3, 10, 12, 14

2.2 Impactos

Gracias a la índole de esta maestría y a la vocación social del investigador que la desarrolla, esta investigación tiene un fin contributivo para el desarrollo sostenible y el bienestar de la sociedad, impactando integralmente desde el planteamiento del proyecto, pasando por la ejecución y transversalizando los ejes ambientales, sociales, académicos y económicos. A continuación, en la Tabla 4 se desglosa los diferentes impactos de este proyecto.

Tabla 4 - Impactos

Impactos	Plazo de tiempo		
	Corto	Mediano	Largo
Proyecto	Se podrá comprender la cantidad, la disponibilidad y la calidad de información disponible sobre el territorio, también los estudios que se realizan actualmente sobre lo urbano y el alcance de estos. Todo esto a modo de un estado del arte de estudios territoriales ambientales.	Se podrá entender que hace falta por revisar en el territorio o cómo se puede mejorar la forma en que se analiza el territorio.	Este proyecto de investigación permitirá la participación en la gestión del territorio de manera oportuna y eficiente, tanto por parte del ciudadano común como de las entidades gubernamentales y público privadas, optimizando la toma de decisiones debido a la obtención y análisis de información barrio a barrio o ecosistema a ecosistema. Además, este Indicador del Ecosistema Urbano, permitirá el monitoreo constante del estado del territorio, permitiendo solucionar oportunamente las necesidades prioritarias de las zonas de análisis o las futuras a analizar.
Ejecución del proyecto	La elaboración de bases de datos actualizadas sobre la información que se puede encontrar sobre el territorio, tanto académica/teórica como estadística.	La generación de una nueva metodología base de evaluación del territorio, permitiendo así un nuevo punto de partida para nuevos análisis y estudios hacia el futuro.	El desarrollo de una nueva forma de evaluar el territorio de manera integral con miras a la regulación del territorio tanto económica y social, como ambientalmente.

Impactos	Plazo de tiempo		
	Corto	Mediano	Largo
Ambientales	La comprensión del estado actual del territorio y la construcción de una línea base de acción con miras hacia el futuro.	La construcción e implementación de programas que permitan el mejoramiento integral de los ecosistemas urbanos.	El incremento de la eficiencia en los ecosistemas urbanos dentro de la ciudad.
Sociales	La participación de la academia y entidades estatales en el territorio a corto plazo al elaborar esta investigación generará mayor conocimiento del lugar reforzando la gobernanza en los lugares de estudio.	La disponibilidad y el alcance de esta herramienta permitirá que los ciudadanos, a través de cartografías y cifras, entiendan las necesidades físicas y ambientales del territorio y como estas afectan a la sociedad.	La amplificación de la gestión ciudadana en el acceso, creación e implementación de programas sociales que permitan la veeduría y el mejoramiento del territorio.
Económicos	Con el estudio se podrá obtener una caracterización para la construcción de una valoración económica de los beneficios de la calidad del ecosistema urbano.	Se podrá entender el costo beneficio de la calidad del ecosistema urbano para la toma oportuna de decisiones políticas administrativas.	Se tendrá claro el alcance de los beneficios de la calidad ambiental en tanto los costos de inversión y mejoramiento en el entorno urbano de los territorios analizados o analizar hacia el futuro. Logrando así una inversión más asertiva y eficiente de los recursos del estado o público privados.

Capítulo 3 – Diagnóstico y construcción de marco de indicadores

3.1 Revisión de información disponible

Para esta etapa se hizo la revisión de bases de datos disponibles como se ve en la Tabla 5 y la revisión metodológica en la Tabla 6.

Tabla 5 – Revisión bases de datos disponibles

Elemento	Contenido	Tipo	fuelle
1. Proyecciones Medellín por Comunas y Corregimientos 2018 - 2030	Proyecciones (Población, Viviendas y Hogares)	Información estadística extraída de censos y calculada para proyecciones de años posteriores. Excel.	https://www.medellin.gov.co/es/centro-documental/proyecciones-poblacion-viviendas-y-hogares/
2. Proyecciones Medellín por Comunas y Corregimientos Sexo 2018 - 2030			
3. Proyecciones Medellín por Sexo y Edad Simple 2018 - 2030			
4. Proyecciones Medellín Por Sexo y Edad Quinquenal 2018 - 2030			
5. Proyecciones de población Urbano y Rural por Sexo 2018 - 2030			
7. Proyección de Razón de Dependencia 2018 - 2030			
8. Proyección de Relación de Masculinidad 2018 - 2030			
9. Proyección de Relación Niños-Mujeres para Medellín 2018 - 2030			
10. Proyecciones Tasa Total de Fecundidad Medellín 2018 - 2030			
11. Proyecciones de Viviendas ocupadas y totales a nivel comuna y corregimientos, Medellín 2018 - 2030			
12. Proyecciones de Hogares a nivel comuna y corregimientos, Medellín 2018 – 2030			
Proyecciones de poblacion Medellín por barrios 2018 - 2030			

Elemento	Contenido	Tipo	fuentes
Ambiente y desarrollo sostenible	Gestión ambiental, del riesgo, ordenamiento ambiental del territorio, recursos naturales renovables y manejo de residuos	Bases de datos para sistemas de información geográfico, archivos tipo Shapefile con sus respectivas tablas de atributos	https://www.medellin.gov.co/mappgis9/mapa.jsp?aplicacion=1&css=css/app_mapas_medellin.css
Ciencia, tecnología e innovación	Wifi gratis		
Comercio, industria y turismo	Atractivo turístico y puntos de información		
Cultura	Patrimonio		
Educación	Sedes educativas		
Estadísticas nacionales	Esperanza de vida, índice desarrollo humano, índice multidimensional, inseguridad alimentaria, pobreza, PIB, tasa de desempleo		
Mapas de referencia	Árbol urbano, andén, barrios y veredas, calzada, información física de infraestructura, economía y sociedad.		
Ordenamiento territorial	Áreas de interés, distrito rural, pais, tratamientos, usos generales, usos rurales		
Transporte	Cámaras de velocidad, infraestructura física del transporte, vías, andenes, direcciones, estaciones de transporte, etc.		
Vivienda	Construcciones, estrato, lotes, comunas, barrios, espacio público, equipamientos, etc.		
Cartografía general de la ciudad de Medellín	Vías, construcciones, topografía, lotes, manzanas, sistema hídrico, árboles, etc.	Archivos de AutoCAD (.dwg) georreferenciados.	SIGMA
Archivos shape generales de Medellín	Shape generales de Medellín, complementarios a Mappgis	Bases de datos para sistemas de información geográfico, archivos tipo Shapefile con sus respectivas tablas de atributos	https://www.medellin.gov.co/geomedellin/datosAbiertos
Informe de Calidad de Vida 2020-2023	Informe	Informe estadístico cuantitativo y cualitativo sobre la calidad de vida para la ciudad de Medellín	https://www.medellincomovamos.org/informe-calidad-de-vida-medellin-2020-2023
La información del DANE en la toma de decisiones regionales	Informe	Informe estadístico cuantitativo y cualitativo sobre la ciudad de Medellín	https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/planes-departamentos-ciudades/220726-info_dane-medellin-antioquia.pdf

Tabla 6 – Revisión metodológica

Metodología	Fuente
Plan de Indicadores de Sostenibilidad Urbana de Vitoria-G	Agencia de Ecología Urbana de Barcelona. (2010). Plan de indicadores de sostenibilidad urbana de Vitoria-Gasteiz. Departamento de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz. https://www.vitoria-gasteiz.org/docs/wb021/contenidosEstaticos/adjuntos/es/89/14/38914.pdf
ICAU	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). Índice de Calidad Ambiental Urbana (ICAU). Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana. https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/indice-calidad-ambiental-urbana/archivo.minambiente.gov.co
ICAM	Departamento Administrativo de Planeación de Medellín. (2016). Índice de Condición Ambiental de Medellín – ICAM. Alcaldía de Medellín. https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/medellin/Temas/PlaneacionMunicipal/Publicaciones/2016/Shared%20Content/Documentos/Icam_DocumentoTecnico.pdf
AEMA	Agencia Europea de Medio Ambiente. (2023). Indicadores clave del medio ambiente en Europa 2023 – Señales de la AEMA. Agencia Europea de Medio Ambiente. https://www.eea.europa.eu/es/publications/senales-de-la-aema-2023
Observatorio Hábitat Bogotá	Observatorio de Hábitat. (2021). Bateria de indicadores urbanos de Bogotá. Secretaría Distrital del Hábitat de Bogotá. https://observatoriohabitad.org/indicadores/
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2012). Guía para diseño, construcción e interpretación de indicadores: Estrategia para el fortalecimiento estadístico territorial. Bogotá, D.C.: DANE. https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/36410
Observatorio Urbano Mundial (GUO). Organización de las Naciones Unidas	UN-Habitat. (2020). A Guide to Setting up an Urban Observatory. https://unhabitat.org/a-guide-to-setting-up-an-urban-observatory
El Banco Asiático de Desarrollo (ADB) y las estrategias de desarrollo urbano del Banco Mundial	Asian Development Bank. (2002). Urban indicators for managing cities. https://www.adb.org/publications/urban-indicators-managing-cities World Bank. (2025). Urbanization - World development indicators. https://databank.worldbank.org/Urbanization/id/f7b5329b
Indicadores ambientales GEO-ciudades PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2008). Metodología para la elaboración de los informes GEO Ciudades: Manual de aplicación versión 3. Ciudad de Panamá: PNUMA. Recuperado de https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/metodologiaelaboracioninformes.pdf
Observatorio del Medio Ambiente Urbano (OMAU)	Observatorio de Medio Ambiente Urbano (OMAU). (2012). Agenda 21 Málaga: Indicadores de sostenibilidad 2012. Ayuntamiento de Málaga. Recuperado de https://www.omau-malaga.com/pagina/cod/70/indicadores-agenda-html
Sistema de Indicadores de Vivienda del Estado de Guanajuato	Comisión de Vivienda del Estado de Guanajuato (COVEG). (2015). Sistema Estatal de Información e Indicadores de Suelo y Vivienda (SIISV). Recuperado de https://www.poblanerias.com/2015/04/analitica-de-ibm-facilita-politica-de-vivienda-en-guanajuato/

Metodología	Fuente
<p>BID</p>	<p>Banco Interamericano de Desarrollo. (2022). Informe de sostenibilidad 2022. https://publications.iadb.org/es/banco-interamericano-de-desarrollo-informe-de-sostenibilidad-2022</p> <p>BID Invest. (2020). Política de sostenibilidad ambiental y social de BID Invest. https://idbinvest.org/es/sostenibilidad</p> <p>Banco Interamericano de Desarrollo. (2024). Marco de Impacto 2024–2030. https://www.iadb.org/es/quienes-somos/estrategia-institucional/medicion-de-resultados</p> <p>Banco Interamericano de Desarrollo. (s.f.). IndexAmericas: El índice de sostenibilidad corporativa del Grupo BID. https://indexamericas.iadb.org/es/inicio</p>
<p>ONU-Hábitat (2013). Guía para la elaboración de indicadores urbanos básicos. Programa Global de Indicadores Urbanos.</p>	<p>ONU-Hábitat. (2013). Guía para la elaboración de indicadores urbanos básicos. Programa Global de Indicadores Urbanos. https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/05/spanish_1.pdf</p>
<p>CREMA</p>	<p>Zall Kusek, J., Rist, R. C., & Banco Mundial. (2005). Diez pasos hacia un sistema de seguimiento y evaluación basado en resultados. Bogotá D. C., Colombia: Banco mundial, Mayol Ediciones S. A.</p>

3.2 Criterios y selección de indicadores

Parafraseando al DANE, los indicadores son resoluciones cuantitativas o cualitativas observables, que nos permiten entender comportamientos, características y fenómenos en función de variables o relaciones de variables, para evaluar su funcionamiento, desempeño y demás atributos a través del tiempo (DANE, 2002). En la Ilustración 21 (Asian Development Bank, 2001), se puede evidenciar como pesa la jerarquía de la información, en el nivel inferior encontramos los datos en crudo, la cual sin sistematizar no puede mostrar ningún fenómeno, en el siguiente nivel, aparece la estadística de los datos, la cual nos permite entender descriptivamente el contexto de los datos, continúa con los indicadores, los cuales vendrían siendo números que permiten hacer comparaciones en el tiempo y el espacio y por último los índices que son la compilación de indicadores con el fin de entender fenómenos específicos (Alcaldía Mayor de Bogotá & Secretaría Distrital del Hábitat, 2021).

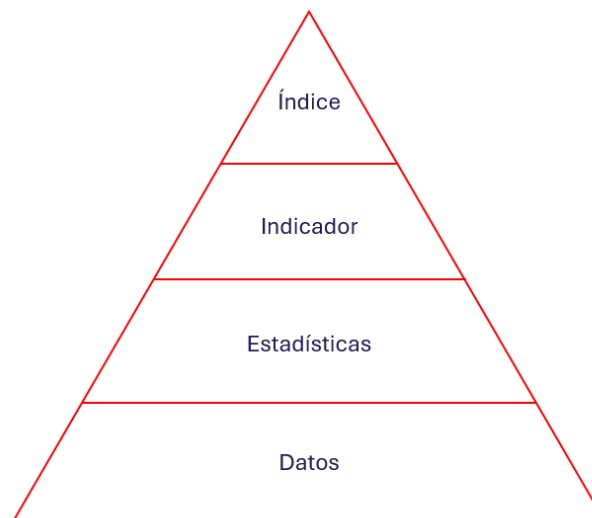


Ilustración 21 – Forma de la información, tomado de Urban Indicator for Managing Cities

Además, la ONU plantea que los indicadores son instrumentos que ayudan a comprender las diferentes realidades del fenómeno urbano (ONU-Hábitat, 2013).

Cómo se introdujo en la Etapa 2 – Desarrollo del marco metodológico, se construye un filtro doble criterios para la selección de indicadores basado en CREMA y DANE (Ilustración 22) que se podrá revisar en su totalidad en el A3-Matriz de indicadores. **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

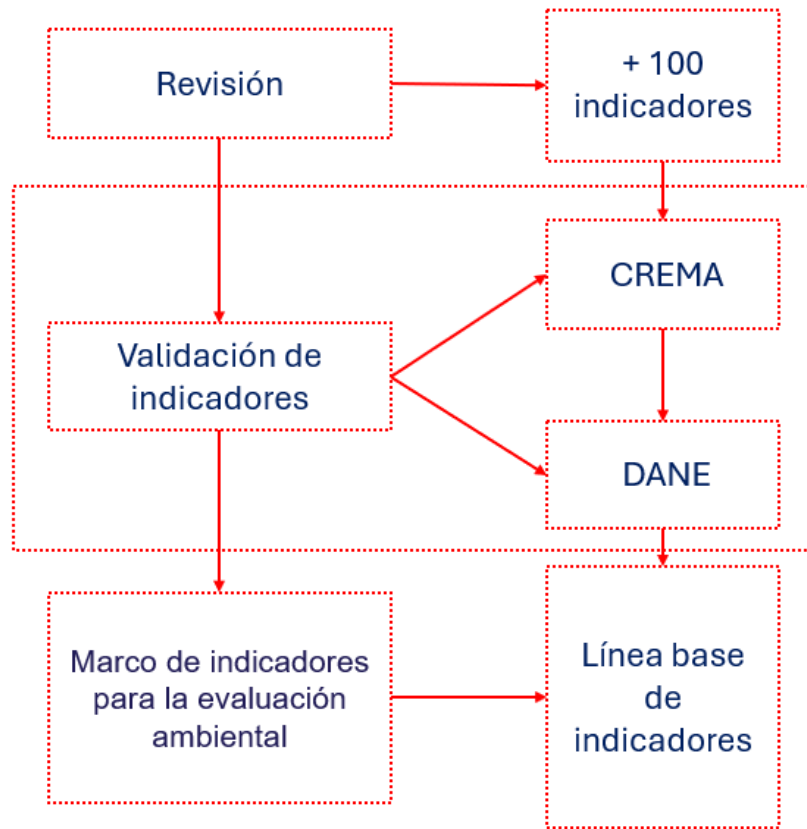


Ilustración 22 – Esquema doble filtro

Filtro a través del cual se revisaron 192 indicadores de las metodologías: Plan de Indicadores de sostenibilidad urbana de Vitoria-G, BID, ICAU, Guía de Indicadores Urbanos. Programa Global de Indicadores Urbanos de ONU-Hábitat, agregando también indicadores contruidos con la información recolectada. Para su caracterización se separaron los 192 indicadores en 3 índices (Ilustración 23) Infraestructura (1), Usuario (2) y Ocupación (3), con 86, 85 y 21 indicadores respectivamente (Tabla 7), como se ampliará en 3.4 Construcción .

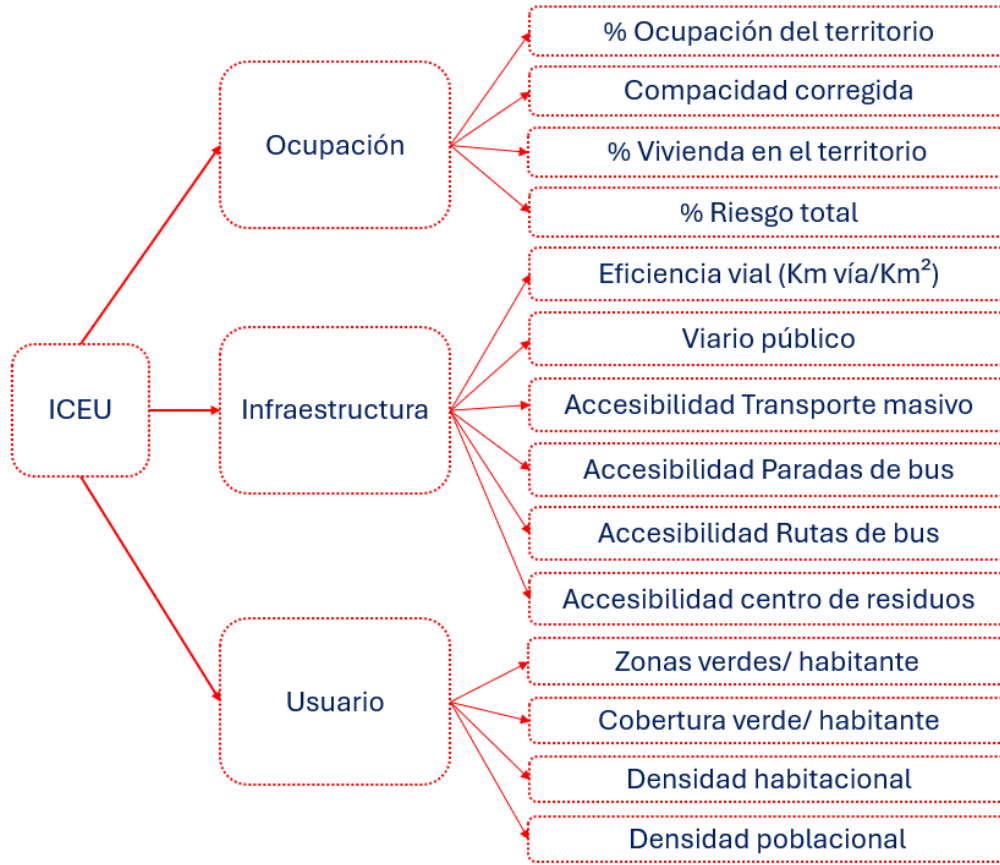


Ilustración 23 - Distribución de indicadores en índices

Tabla 7 – Clasificación de indicadores por revisión de bases de datos

Clasificación de indicadores				
	Infraestructura	Usuario	Ocupación	%
Indicadores	86	85	21	
Cumple	6	6	4	8%
Cumple parcialmente	65	38	17	63%
No cumple	15	41	0	29%
Usados	6	4	4	7%
No usados	80	81	17	93%

Posterior a la doble verificación (Ilustración 22), resultan 14 indicadores seleccionados para formar parte del Indicador de Calidad del Ecosistema Urbano (ICEU) como se puede apreciar en la Tabla 7. Los indicadores seleccionados quedaron de la siguiente manera (Tabla 8), además de la tabla resumen, en el apartado de los anexos se encontrará las tablas completas (B1-MODELO INICIAL, B2-RESULTADOS GENERALES, B3-RESULTADOS 3 10 12 14).

Tabla 8 - Resumen Indicadores seleccionados

Indicadores	Crema		DANE		%Aceptación total	Criterio cualitativo	Escogido	Índice	Fuente
	Total	% Aceptación	Total	% Aceptación					
Compacidad corregida	25	100,0%	74	98,7%	99,3%	Cumple	Sí	Ocupación	Plan de Indicadores de sostenibilidad urbana de Vitoria-G
Accesibilidad peatonal transporte masivo	23	92,0%	73	97,3%	94,7%	Cumple	Sí	Infraestructura	Construido a partir de información disponible
Accesibilidad peatonal rutas de bus	23	92,0%	73	97,3%	94,7%	Cumple	Sí	Infraestructura	Construido a partir de información disponible
Accesibilidad peatonal centros de residuos	23	92,0%	73	97,3%	94,7%	Cumple	Sí	Infraestructura	Construido a partir de información disponible
Accesibilidad peatonal paradas de bus	23	92,0%	73	97,3%	94,7%	Cumple	Sí	Infraestructura	Construido a partir de información disponible
Viaro público	23	92,0%	70	93,3%	92,7%	Cumple	Sí	Infraestructura	ONU-Hábitat (2013). <i>Guía para la elaboración de indicadores urbanos básicos</i> . Programa Global de Indicadores Urbanos.
Zona verde por habitante	23	92,0%	67	89,3%	90,7%	Cumple	Sí	Usuario	ONU-Hábitat (2013). <i>Guía de Indicadores Urbanos</i> . Programa Global de Indicadores Urbanos.
Cobertura verde por habitante	23	92,0%	71	94,7%	93,3%	Cumple	Sí	Usuario	Construido a partir de información disponible
Eficiencia vial (km vía/Km ²)	24	96,0%	71	94,7%	95,3%	Cumple	Sí	Infraestructura	ONU-Hábitat (2013). <i>Guía de Indicadores Urbanos</i> . Programa Global de Indicadores Urbanos.
Riesgo total	23	92,0%	72	96,0%	94,0%	Cumple	Sí	Ocupación	Construido a partir de información disponible
Densidad poblacional	25	100,0%	75	100,0%	100,0%	Cumple	Sí	Usuario	ONU-Hábitat (2013). <i>Guía para la elaboración de indicadores urbanos básicos</i> . Programa Global de Indicadores Urbanos.
Densidad habitacional	25	100,0%	75	100,0%	100,0%	Cumple	Sí	Usuario	ONU-Hábitat (2013). <i>Guía para la elaboración de indicadores urbanos básicos</i> . Programa Global de Indicadores Urbanos.
Porcentaje de ocupación del territorio	24	96,0%	72	96,0%	96,0%	Cumple	Sí	Ocupación	Plan de Indicadores de sostenibilidad urbana de Vitoria-G
Porcentaje de vivienda en el territorio	24	96,0%	72	96,0%	96,0%	Cumple	Sí	Ocupación	Plan de Indicadores de sostenibilidad urbana de Vitoria-G

Para cada uno de los indicadores seleccionados se elaboró una ficha metodológica para su mayor comprensión (Tabla 9 a Tabla 22).

Tabla 9 – Ficha Indicador Porcentaje de ocupación del territorio

Nombre indicador	Porcentaje de ocupación del territorio			
Objetivo	Mide porcentualmente el área de la construcción que ocupa el suelo de la zona de estudio, para comprender porcentualmente la distribución de construido y no construido dentro del estudio.			
Valoración	Bajo	[0-30],[60-100]	Índice	Ocupación
			Aceptación CREMA	96,0%
	Medio	[30-40],[50-60]	Aceptación DANE	96,0%
	Alto	[40-50]	Aceptación total	96,0%
Fórmula	$\frac{(\text{área ocupada})}{(\text{área territorio})} = \% \text{ ocupación}$			
Variables				
Fuente de los datos	Plan de Indicadores de sostenibilidad urbana de Vitoria-G			
Georeferenciación	Sí	x	NO	

Tabla 10 - Ficha Indicador Compacidad corregida

Nombre indicador	Compacidad corregida			
Objetivo	El nivel de compacidad corregida se define como la relación entre el espacio urbanizable de los edificios (volumen) y el espacio de estancia (área). La compacidad indica el equilibrio entre los espacios ligados a la funcionalidad y los espacios ligados al ocio, recreo y paseo, es decir, los espacios descompresores del tejido urbano.			
Valoración	Bajo	< 50	Índice	Ocupación
			Aceptación CREMA	100,0%
	Medio	[30-50]	Aceptación DANE	98,7%
			Aceptación total	99,3%
	Alto	> 30	Fecha datos	2024
Fórmula	$\frac{VE \text{ m}^3}{EPE \text{ m}^2} = \textit{Compacidad corregida}$			
Variables	$VE \text{ m}^3 = \textit{Volumen edificado}$ $EPE \text{ m}^2 = \textit{Espacio público efectivo}$			
Fuente de los datos	Plan de Indicadores de sostenibilidad urbana de Vitoria-G			
Georeferenciación	SÍ	x	NO	

Tabla 11 - Ficha Indicador Porcentaje de vivienda en el territorio

Nombre indicador	Porcentaje de vivienda en el territorio			
Objetivo	Este indicador evalúa los diferentes usos dentro del territorio y determina porcentualmente el uso de vivienda dentro de la zona de estudio y así comprender la distribución zonal dentro del estudio			
Valoración	Bajo	[85-100],[25-0]	Índice	Ocupación
			Aceptación CREMA	96,0%
	Medio	[25-55],[65-85]	Aceptación DANE	96,0%
	Alto	[55-65]	Aceptación total	96,0%
Fórmula	$\frac{\text{Uso destinado a vivienda}}{\text{Total de usos}} = \% \text{ vivienda}$			
Variables				
Fuente de los datos	Plan de Indicadores de sostenibilidad urbana de Vitoria-G			
Georeferenciación	Sí	x	NO	

Tabla 12 - Ficha Indicador Riesgo Total

Nombre indicador	Riesgo total			
Objetivo	Evalua porcentualmente la sumatoria de los riesgos movimiento en masa, inundación y avenida torrencial dentro de la zona de estudio para entender que porcentaje se encuentra en riesgo total.			
Valoración	Bajo	> 40	Índice	Ocupación
			Aceptación CREMA	92,0%
	Medio	[10-40]	Aceptación DANE	96,0%
	Alto	< 10	Aceptación total	94,0%
		Fecha datos	2024	
Fórmula	$\frac{\sum \begin{matrix} \text{Avenida torrencial} \\ \text{Movimiento en masa} \\ \text{Inundación} \end{matrix}}{\text{área territorio}} = \% \text{ Riesgo total}$			
VARIABLES	Avenida torrencial, movimiento en masa e inundación son variables que representan el área de cada una de las afectaciones en la zona de estudio			
Fuente de los datos	Construido a partir de información disponible			
Georeferenciación	SÍ	x	NO	

Tabla 13 - Ficha Indicador Eficiencia vial

Nombre indicador	Eficiencia vial (km vía/Km ²)			
Objetivo	Medir la eficiencia vial de la zona de estudio en función de cuantos km de vía hay por km ² de área. Este indicador relaciona directamente los km lineales de vía en un área definida de 1km ² para determinar porcentual y cuantitativamente la cantidad de vía dentro de la zona de estudio.			
Valoración	Bajo	[0-10],[25-100]	Índice	Infraestructura
			Aceptación CREMA	96,0%
	Medio	[10-15],[20-25]	Aceptación DANE	94,7%
	Alto	[15-20]	Aceptación total	95,3%
Fórmula	$\frac{\text{Km lineal vía}}{\text{Km}^2 \text{ territorio}} = \text{Eficiencia vial}$			
Variables				
Fuente de los datos	ONU-Hábitat (2013). Guía de Indicadores Urbanos. Programa Global de Indicadores Urbanos.			
Georeferenciación	Sí	x	NO	

Tabla 14 - Ficha Indicador Viario Público

Nombre indicador	Viario público			
Objetivo	Medir la sumatoria entre la calzada y la vía en la zona de estudio. Este indicador relaciona la el área total de andenes y calzadas para comprender porcentualmente la distribución del territorio.			
Valoración	Bajo	[0-15],[45-100]	Índice	Infraestructura
			Aceptación CREMA	92,0%
	Medio	[15-25],[35-45]	Aceptación DANE	93,3%
	Alto	[25-35]	Aceptación total	92,7%
		Fecha datos	2024	
Fórmula	$\sum \frac{\text{Calzada } m^2 + \text{Andén } m^2}{\text{Espacio público } m^2} = \text{Viario público}$			
Variabes				
Fuente de los datos	ONU-Hábitat (2013). Guía para la elaboración de indicadores urbanos básicos. Programa Global de Indicadores Urbanos.			
Georeferenciación	Sí	x	NO	

Tabla 15 - Ficha Indicador Accesibilidad peatonal transporte masivo

Nombre indicador	Accesibilidad peatonal transporte masivo			
Objetivo	Evaluar la accesibilidad al transporte masivo en distancias peatonales descritas en un rango de 800 m, entendiendo el área comprendida como accesible peatonalmente			
Valoración	Bajo	[0-60]	Índice	Infraestructura
			Aceptación CREMA	92,0%
	Medio	[60-90]	Aceptación DANE	97,3%
	Alto	[90-100]	Aceptación total	94,7%
Fórmula	$\frac{ATM}{\text{territorio } m^2} = A. \text{ Transporte masivo}$ <p><i>ATM = Área territorio a 800m de T. Masivo.</i></p>			
Variables				
Fuente de los datos	Construido a partir de información disponible			
Georeferenciación	Sí	x	NO	

Tabla 16 - Ficha Indicador Accesibilidad peatonal paradas de bus

Nombre indicador	Accesibilidad peatonal paradas de bus			
Objetivo	Evaluar la accesibilidad a las paradas de bus en distancias peatonales comprendidas en un rango de 0 a 400 m, para entender que tan accesible es la zona de estudio a la ciudad en función de las paradas de transporte público			
Valoración	Bajo	[0-60]	Índice	Infraestructura
			Aceptación CREMA	92,0%
	Medio	[60-90]	Aceptación DANE	97,3%
	Alto	[90-100]	Aceptación total	94,7%
		Fecha datos	2024	
Fórmula	$\frac{APB}{\text{territorio } m^2} = A. \text{Paradas de bus}$ <p><i>APB = Área territorio a 400m de parada bus.</i></p>			
Variables				
Fuente de los datos	Construido a partir de información disponible			
Georeferenciación	SÍ	x	NO	

Tabla 17 - Ficha Indicador Accesibilidad peatonal rutas de bus

Nombre indicador	Accesibilidad peatonal rutas de bus			
Objetivo	Evaluar la accesibilidad a las ruta de bus en distancias peatonales, este indicador tiene una connotación cultural ya que por el contexto en el cual se mide se analiza en función del acceso a la ruta y no a la parada			
Valoración	Bajo	[0-60]	Índice	Infraestructura
			Aceptación CREMA	92,0%
	Medio	[60-90]	Aceptación DANE	97,3%
			Aceptación total	94,7%
	Alto	[90-100]	Fecha datos	2024
Fórmula	$\frac{ARB}{\text{territorio } m^2} = A. \text{ Rutas de buses}$ <p><i>ARB = Área territorio a 400m de rutas buses.</i></p>			
Variables				
Fuente de los datos	Construido a partir de información disponible			
Georeferenciación	Sí	x	NO	

Tabla 18 - Ficha Indicador Accesibilidad peatonal a centro de residuos

Nombre indicador	Accesibilidad peatonal centros de residuos			
Objetivo	Evaluar la accesibilidad a los centros de residuos en distancias peatonales, este indicador tiene una connotación cultural ya que por el contexto en el cual se mide se analiza en función del acceso a la centro y no si en el sector existe rutas de recogida de residuos			
Valoración	Bajo	[0-60]	Índice	Infraestructura
			Aceptación CREMA	92,0%
	Medio	[60-90]	Aceptación DANE	97,3%
	Alto	[90-100]	Aceptación total	94,7%
		Fecha datos	2024	
Fórmula	$\frac{ACR}{\text{territorio } m^2} = A. \text{Centros de residuos}$ $ACR = \text{Área territorio a 800m de Centros de R.}$			
Variables				
Fuente de los datos	Construido a partir de información disponible			
Georeferenciación	Sí	x	NO	

Tabla 19 - Ficha Indicador Zona verde por habitante

Nombre indicador	Zona verde por habitante			
Objetivo	Medir el área de zona verde por habitante. Este indicador relaciona directamente la cantidad de pobladores de la zona de estudio con el área total de zonas verdes, para cuantificar los m ² por habitante.			
Valoración	Bajo	<5	Índice	Usuario
			Aceptación CREMA	92,0%
	Medio	[5-10]	Aceptación DANE	89,3%
	Alto	>10	Aceptación total	90,7%
Fórmula	$\frac{\text{Zona verde m}^2}{\text{Habitantes territorio}} = \text{Zona verde por habitante}$			
Variables				
Fuente de los datos	ONU-Hábitat (2013). Guía de Indicadores Urbanos. Programa Global de Indicadores Urbanos.			
Georeferenciación	Sí	x	NO	

Tabla 20 - Ficha Indicador Cobertura verde por habitante

Nombre indicador	Cobertura verde por habitante			
Objetivo	Medir el área de cobertura verde por habitante. Este indicador relaciona el área de cobertura verde y el número de habitantes de la zona de estudio para comprender en m ² la cantidad de cobertura por habitante.			
Valoración	Bajo	<5	Índice	Usuario
			Aceptación CREMA	92,0%
	Medio	[5-10]	Aceptación DANE	94,7%
	Alto	>10	Aceptación total	93,3%
		Fecha datos	2024	
Fórmula	$\frac{\text{Cobertura verde m}^2}{\text{Habitantes territorio}} = C. \text{ verde por habitante}$			
Variables				
Fuente de los datos	Construido a partir de información disponible			
Georeferenciación	SÍ	x	NO	

Tabla 21 - Ficha Indicador Densidad habitacional

Nombre indicador	Densidad habitacional			
Objetivo	Mide la cantidad de viviendas en la zona de estudio dividiendo la cantidad de viviendas por el área de estudio, entendiendo una vivienda como una unidad comprendida por 3,5 habitantes.			
Valoración	Bajo	[0-100]	Índice	Usuario
			Aceptación CREMA	100,0%
	Medio	[100-150]	Aceptación DANE	100,0%
	Alto	150	Aceptación total	100,0%
Fórmula	$\frac{\text{Viviendas}}{\text{Territorio } h} = \text{Densidad habitacional}$ <p><i>3.5 habitantes= 1 vivienda</i></p>			
Variables				
Fuente de los datos	ONU-Hábitat (2013). Guía para la elaboración de indicadores urbanos básicos. Programa Global de Indicadores Urbanos.			
Georeferenciación	Sí	x	NO	

Tabla 22 - Ficha Indicador Densidad poblacional

Nombre indicador	Densidad poblacional			
Objetivo	Mide la cantidad de habitantes en la zona de estudio dividiendo el área total de estudio por la cantidad de habitantes y lograr comprender la distribución territorial de población.			
Valoración	Bajo	[0-300]	Índice	Usuario
			Aceptación CREMA	100,0%
	Medio	[300-350]	Aceptación DANE	100,0%
	Alto	450	Aceptación total	100,0%
		Fecha datos	2024	
Fórmula	$\frac{\text{habitantes}}{\text{Territorio } h} = \text{Densidad poblacional}$			
Variabes				
Fuente de los datos	ONU-Hábitat (2013). Guía para la elaboración de indicadores urbanos básicos. Programa Global de Indicadores Urbanos.			
Georeferenciación	Sí	x	NO	

3.3 Diagnóstico de zona de estudio

Para el proceso de la caracterización y diagnóstico del territorio abordado por las 16 comunas, se planteó como ejercicio una segmentación en categorías como muestra la Tabla 23.

Tabla 23 - Segmentación, diagnóstico zona de estudio

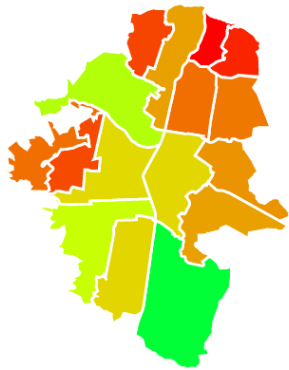
Segmentación - Diagnóstico de zona de estudio		
Segmento	Variables	Descripción
01. Población	Población total	Es la sumatoria de la población de la zona de estudio
	Densidad habitacional	Es la cantidad de viviendas por hectárea reportada en la zona de estudio
	Densidad poblacional	Es la cantidad de personas por hectárea de la zona de estudio
	m ² por individuo	Es la división del área total de estudio por la población
	Estratificación	Es la clasificación de los inmuebles residenciales, para la recepción e servicios públicos. Se segmenta para poder aplicar cobros y subsidios diferenciales.
02. Riesgos	Movimiento en masa	Son los diferentes riesgos ambientales que pueden ocasionar catástrofes humanitarias en la zona de estudio, se mide en área.
	Avenidas torrenciales	
	Inundación	
	Riesgo total	Es la sumatoria de las áreas de los riesgos de movimiento en masa, avenidas torrenciales e inundación, para construir una noción real del riesgo en la zona de estudio
03. Espacio público	Espacio público total	Es la suma de las áreas de andén, calzada y espacio público reportado en las bases de datos y se relaciona con la cantidad de habitantes
	Espacio público efectivo	Es el área del espacio público reportada en las bases de datos y se relaciona con la cantidad de habitantes
	Andén	Es el área de andén reportada en las bases de datos
	Eficiencia vial	Es la relación entre el área total de calzada y los kilómetros lineales de vía,

Segmentación - Diagnóstico de zona de estudio		
Segmento	VARIABLES	Descripción
		se recomienda que por cada km ² de territorio haya 18 km lineales de vía
	Cobertura verde	Es el área de cobertura verde de la zona de estudio (bosques y seminatural) reportada en bases de datos
	Zona verde	Es el área de zona verde inventariada en bases de datos
	Viario público	Es la sumatoria de las áreas de calzada, Andén y espacio público
04. Coberturas	Agrícola	Son las distintas coberturas que componen la zona de estudio reportadas en las bases de datos
	Bosques y seminatural	
	Artificializado	
	Agua	
	Porcentaje de ocupación	Es la cantidad de área en porcentaje que se encuentra ocupada con construcciones en la zona de estudio
05. Construcciones	Densidad habitacional	Es la cantidad de viviendas por hectárea reportada en la zona de estudio
	Densidad poblacional	Es la cantidad de personas por hectárea de la zona de estudio
	Porcentaje de ocupación	Es la cantidad de área en porcentaje que se encuentra ocupada con construcciones en la zona de estudio
	Compacidad	Es la relación entre el volumen edificado en una unidad de superficie definida por 200*200m
	Compacidad corregida	Es la relación entre el volumen edificado y el espacio público efectivo de la zona de estudio
	m ² construcción en primer piso	Es la cantidad de m ² construidos en nivel 1 dentro de la zona de estudio
	Volumen edificado	Es el volumen total edificado dentro de la zona de estudio (base*altura)
06. Usos	Residencial	Son los diferentes usos que comprenden la zona de estudio reportados en bases de datos
	Comercial	
	Equipamiento	
	Industrial	
	Lotes	
	Sin uso	

Segmentación - Diagnóstico de zona de estudio		
Segmento	Variables	Descripción
	Otros	
	Residencial vs otros usos	Es la relación entre el total de usos residenciales con los demás usos reportados en bases de datos
07. Accesibilidad	Estaciones transporte masivo	Es el área cercana a estaciones de transporte masivo en un radio de 800m reportadas en bases de datos
	Paradas de buses	Es el área cercana a paradas de bus en un radio de 400m reportadas en bases de datos
	Rutas de buses	Es el área cercana a los recorridos de las rutas de buses en un radio de 400m reportadas en bases de datos
	Centro de manejo de residuos	Es el área cercana a centros de manejo de residuos en un radio de 800m reportadas en bases de datos

Con esta segmentación se elaboró a través del software PowerBI la revisión del estado actual de la zona de estudio, recopilando y tomando datos de las bases de datos de Mapgis y datos demográficos del DANE y la Alcaldía de Medellín; en el programa se realizaron los siguientes tableros de análisis (Ilustración 24 a Ilustración 37), para la revisión completa se dejará como anexo el archivo base (Anexos B1, B2 y B3). En dichas ilustraciones podemos evidenciar luego del análisis gráfico que la zona de estudio tiene un mejor desempeño en la zona Centro Occidental y Sur Occidental.

 % ÁREA TERRITORIO

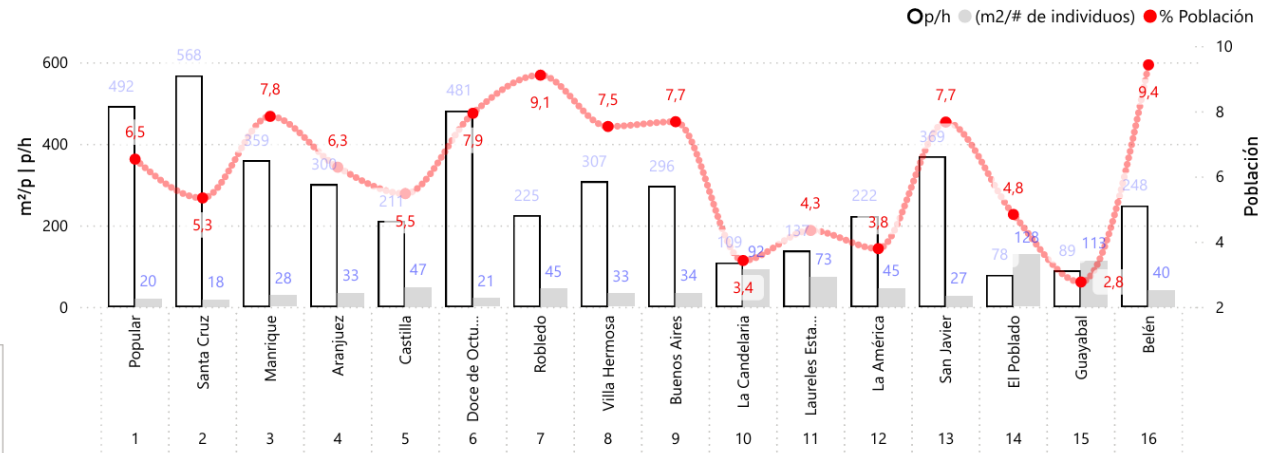


10,06 mil Área (h)	2,33 mill. Población
4,49 mil p/h	796,42 (m2/# de individuos)
19,36 Equilibrio población/territorio	18,47 Equilibrio territorio/población

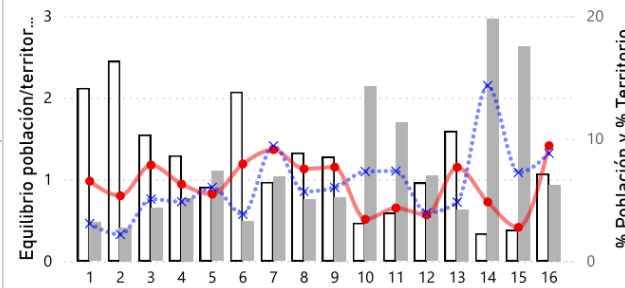
Comunas

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----

Población - m²/p - p/h



Equilibrio poblaci... Equilibrio territ... % Población % Territorio



Promedio de Estrato socioeconómico Promedio de población

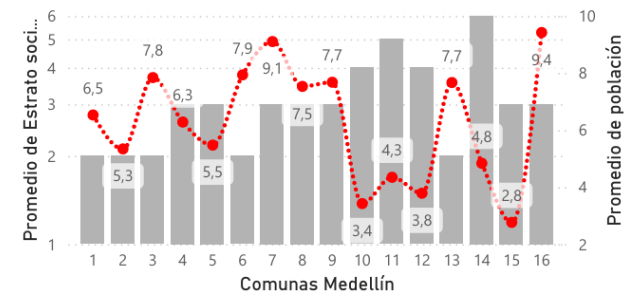
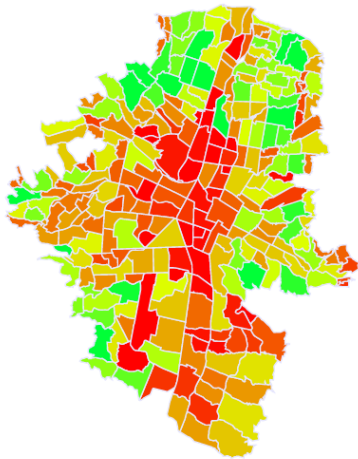


Ilustración 24 - Tablero Población 1 por comuna

Población



% POBLAC.



Barrio

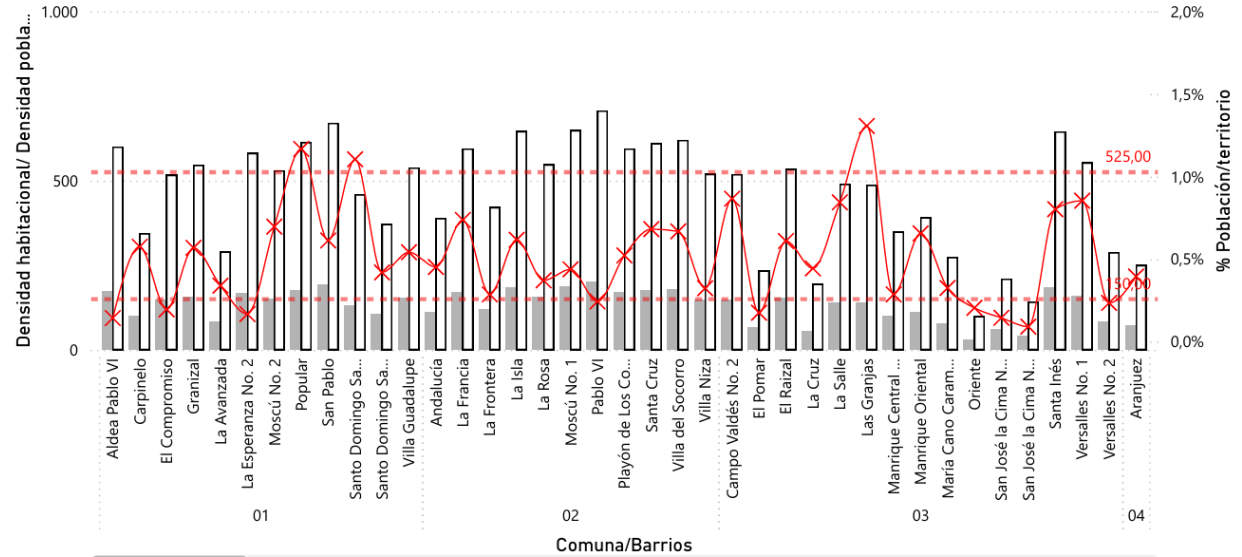
- Aldea Pablo VI
- Alejandría
- Alejandro Echavarría
- Alfonso López
- Altamira

Limpiar filtro

Comunas



● Densidad habitacional ○ Densidad poblacional × % Población/territorio



Datos poblacionales

77,45 Densidad habitacional viv/h	271,08 Densidad Poblacional p/h	153,19 m ² Territorio/Habitante
---	---	--

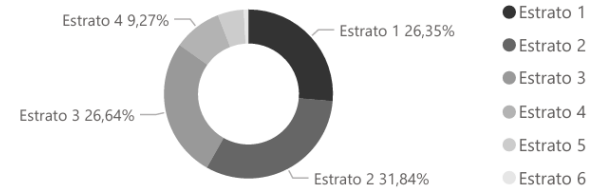
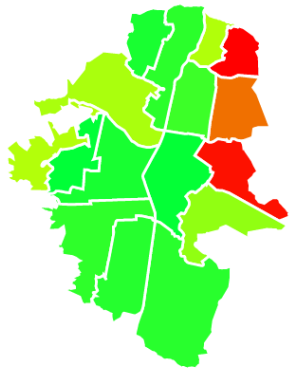


Ilustración 25 - Tablero Población 1.1 por barrio

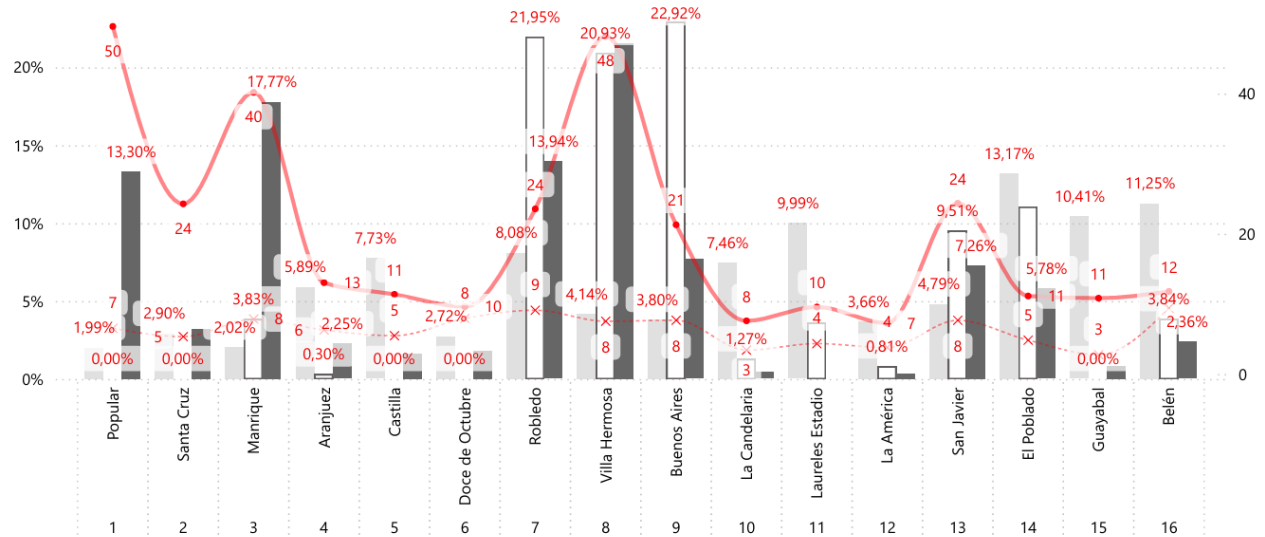


10,06 mil Área (h)	2,33 mill. Población
4,49 mil p/h	796,42 (m2/# de individuos)
19,36 Equilibrio población/territorio	18,47 Equilibrio territorio/población

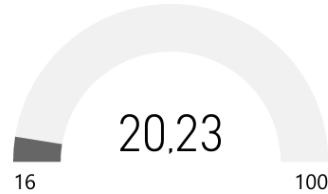
Comunas



● Inundación ○ Avenidas torrenciales ● Movimiento en masa ✕ Suma de población ● Riesgo total

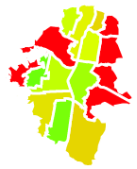


% del territorio en zona de riesgo total

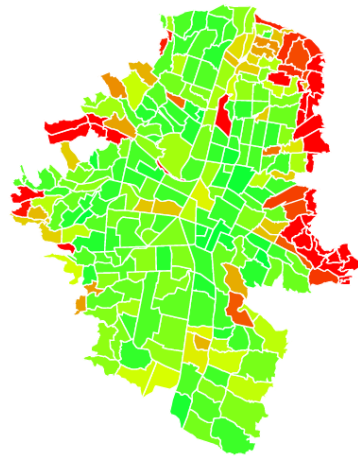


● Inundación
● Avenidas torrenciales
● Movimiento en masa

Ilustración 26 - Tablero Riesgo 1 por comuna



Riesgos

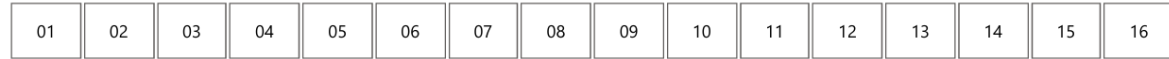


Barrio

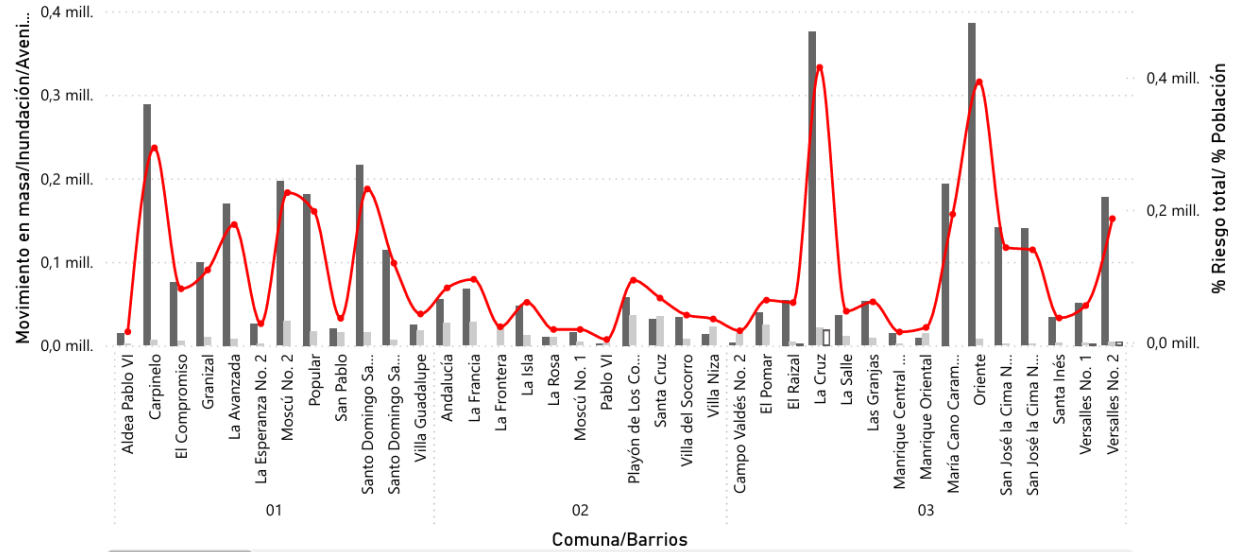
- Aldea Pablo VI
- Alejandría
- Alejandro Echavarría
- Alfonso López
- Altamira

Limpiar filtro

Comunas



● Movimiento en masa ● Inundación ○ Avenida torrencial ● % Riesgo total



Riesgo en el territorio

6,72 mill. Inundación m ²	10,43 mill. Movimiento en masa m ²
972,09 mil Avenida torrencial m ²	56,79 % territorio en riesgo total

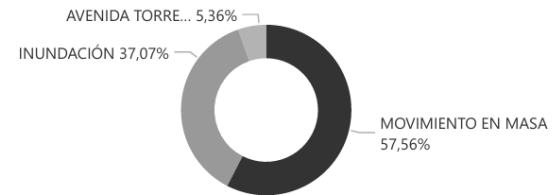
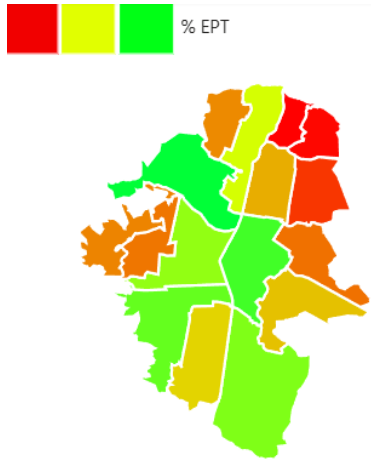


Ilustración 27 - Tablero Riesgo 1.1 por barrio

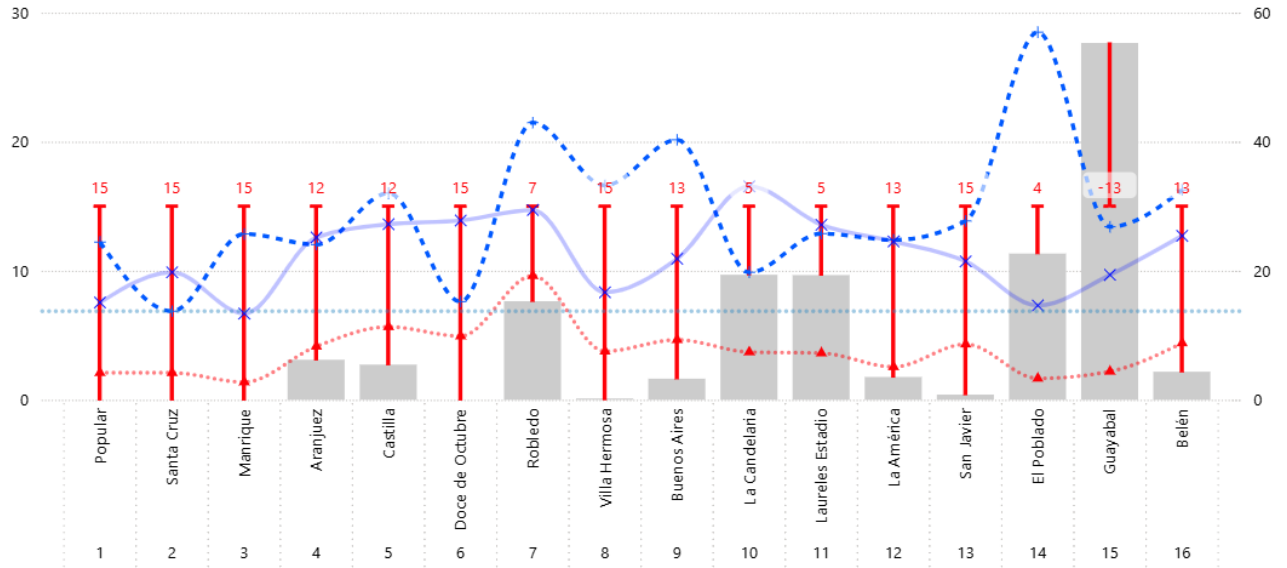


56,19 Espacio público efectivo por habitante m2	181,17 Espacio público total por habitante m2
7,93 mill. Espacio público efectivo m2	7,93 mill. Espacio público existente m2
432,01... Andén m2	22,82... Espacio público total m2

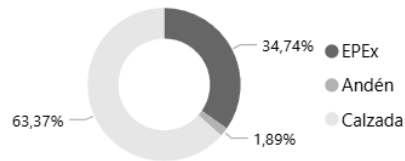
Comunas



● Zona verde m²/ p + C. verde m² × % EPT ▲ % EPE



% Espacio público total



Km vía/km² 12,57 18,00 25,29

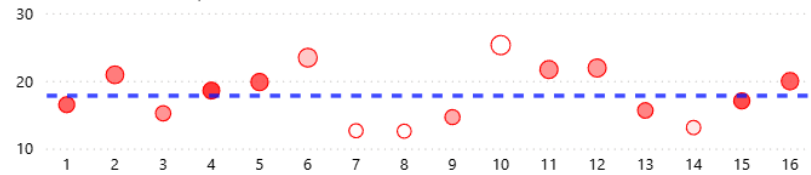
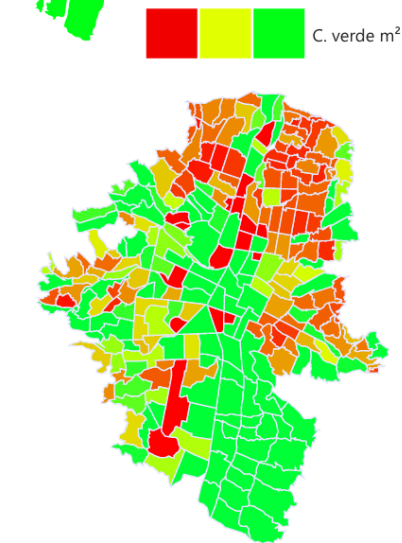


Ilustración 28 - Tablero Espacio público 1 por comuna

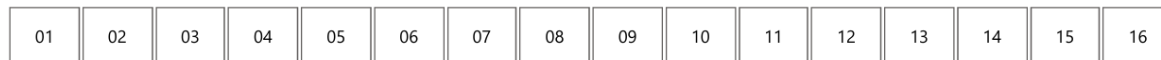
E. público



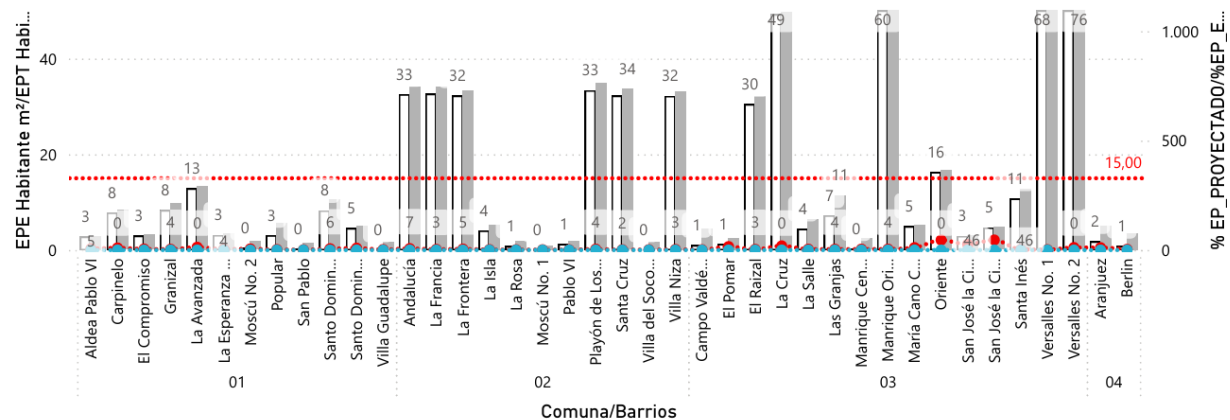
- Barrio
- Aldea Pablo VI
 - Alejandría
 - Alejandro Echavarría
 - Alfonso López
 - Altamira

Limpiar filtro

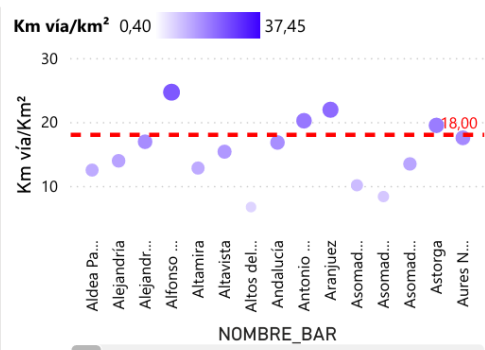
Comunas



○ EPE Habitante m² ● EPT Habitante m² ● C. verde ● Z. ver/Hab



146,87 mill. EP_EXISTENTE(EPE)	14,51 ZONA...
38,85 COBERTURA...	21,43 EPE HABITANTE/M²
23,90 EPT/HABITANTE/M²	153,19 M²/HABITANTE
0,17 % VIARIO PUBLICO	1,00 % Población



Viario público

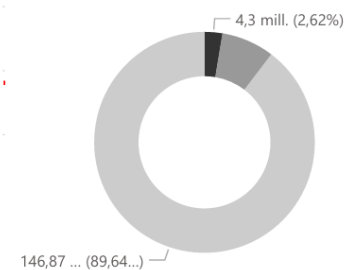
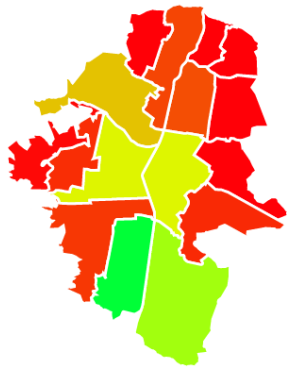
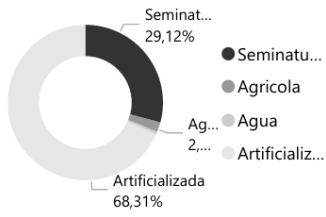


Ilustración 29 - Tablero Espacio público 1.1 por barrio

Zona verde/habitante



Coberturas



Comunas

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----

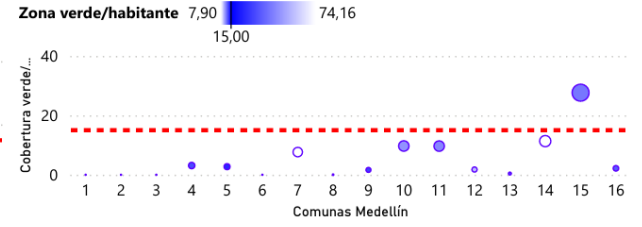
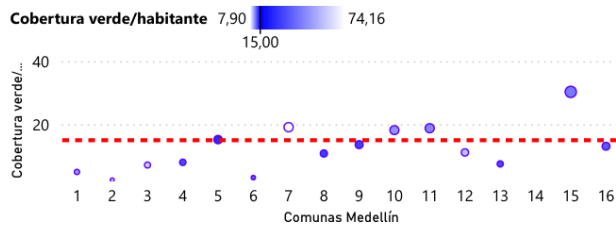
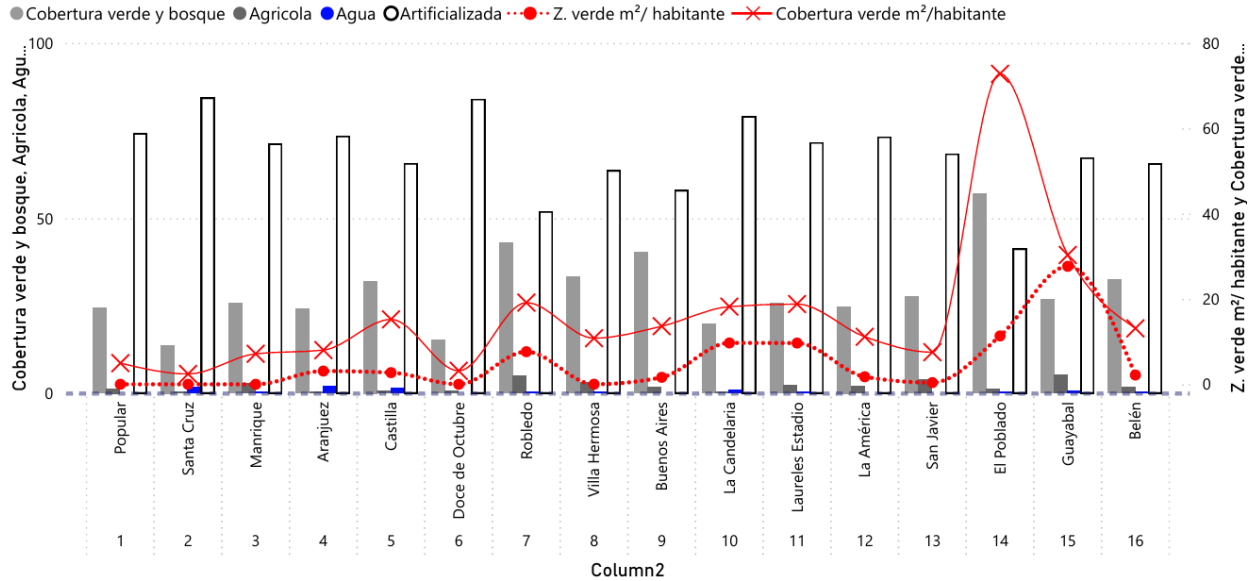
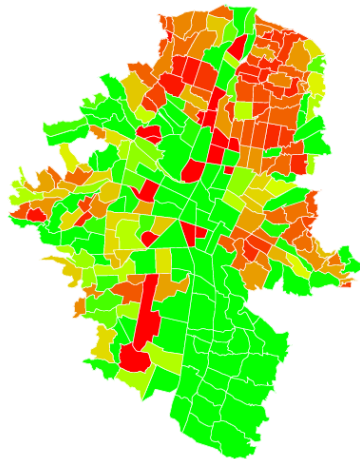


Ilustración 30 - Tablero Coberturas 1 por comuna



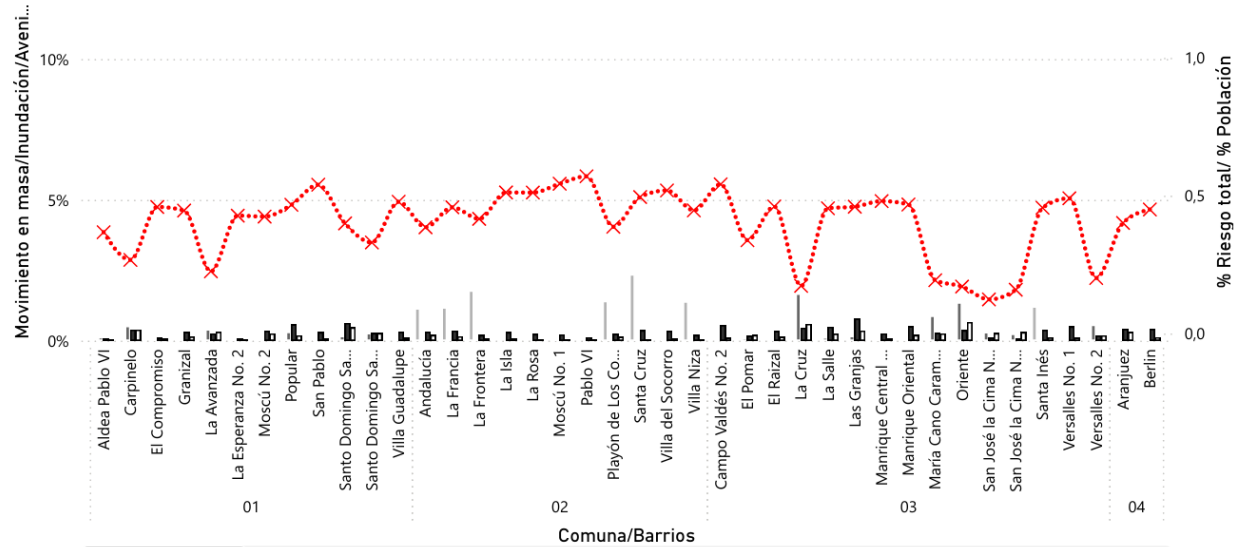
Coberturas



Comunas

- 01
- 02
- 03
- 04
- 05
- 06
- 07
- 08
- 09
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16

● Agua ● Agrícola ● Artificial ○ Seminatural ---x--- % Ocupación



Comunas

Todas

Barrio

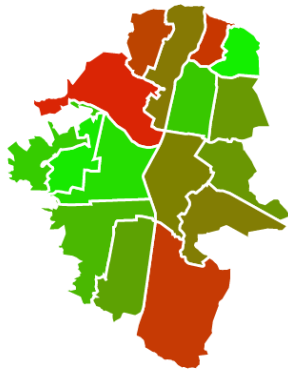
Todas

Limpiar filtro

2,20 mill. Territorios Agrícolas	65,11 mill. Territorios Artificializados
33,17 mill. Bosques y Áreas Seminaturales	482,23 mil Superficies de Agua
100,42 mill. Área total m ²	0,34 % Ocupación

Ilustración 31 - Tablero Coberturas 1.1 por barrio

 % Ocupación

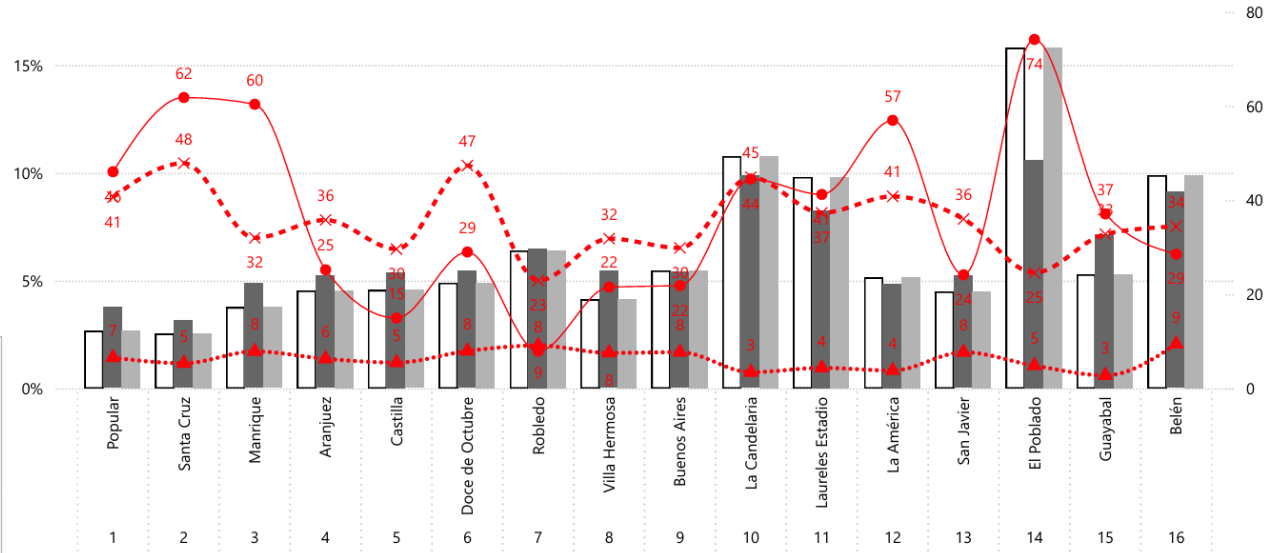



49,78 Densidad poblacional(m2/# de individuos)	280,64 Densidad habitacional p/h
2,09 mill. Construcciones(m 2 primer piso)	14,07 mill. Volumen construido(m3)
35,54 %Ocupación	37,20 Compacidad

Comunas



○ Const total ● Const N1 ● Vol Const × % Ocup ▲ % población ● Suma de compacidad



Compacidad corregida 7,90  74,16
30,00

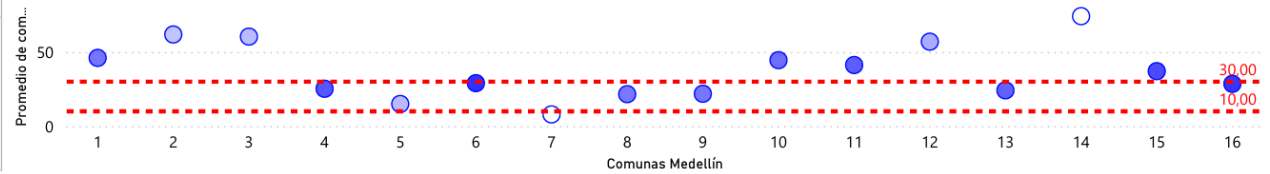
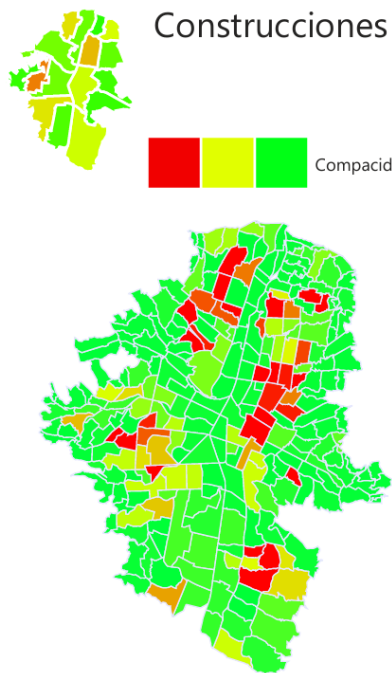


Ilustración 32 - Tablero Construcciones 1 por comuna



Comunas

Todas

Barrio

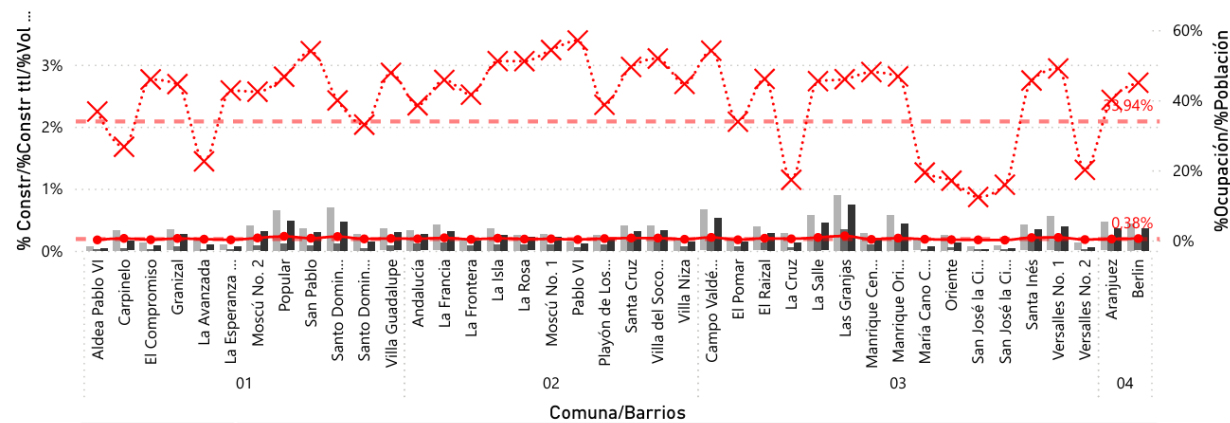
Todas

Limpiar filtro

Comunas

01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16

● % Construcción ● % Construcción total ● % Volumen construido ···· % Ocupación ● % Población



14,24 Promedio de COMPACIDAD CORREGIDA	0,34 Promedio de ocupación
121,09 mil Promedio de construcción	1,75 mill. Promedio de construcción total
200,54 mill. Suma de volumen construido	2 mill. Suma de 2024

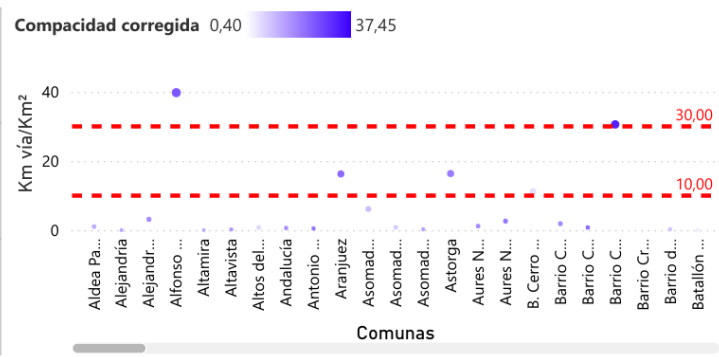
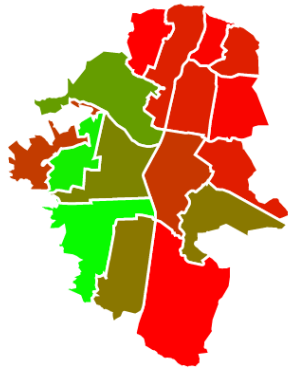
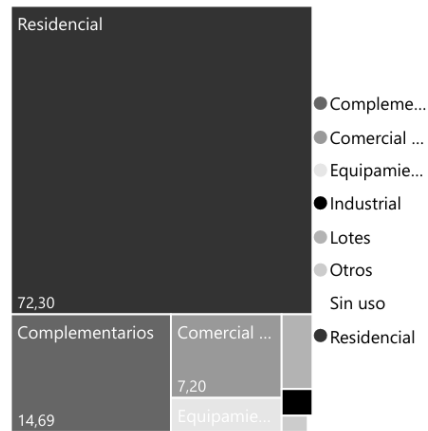


Ilustración 33 - Tablero Construcciones 1.1 por barrio



Usos del suelo



Comunas

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----

○% Viv ●% No Viv ×% Población

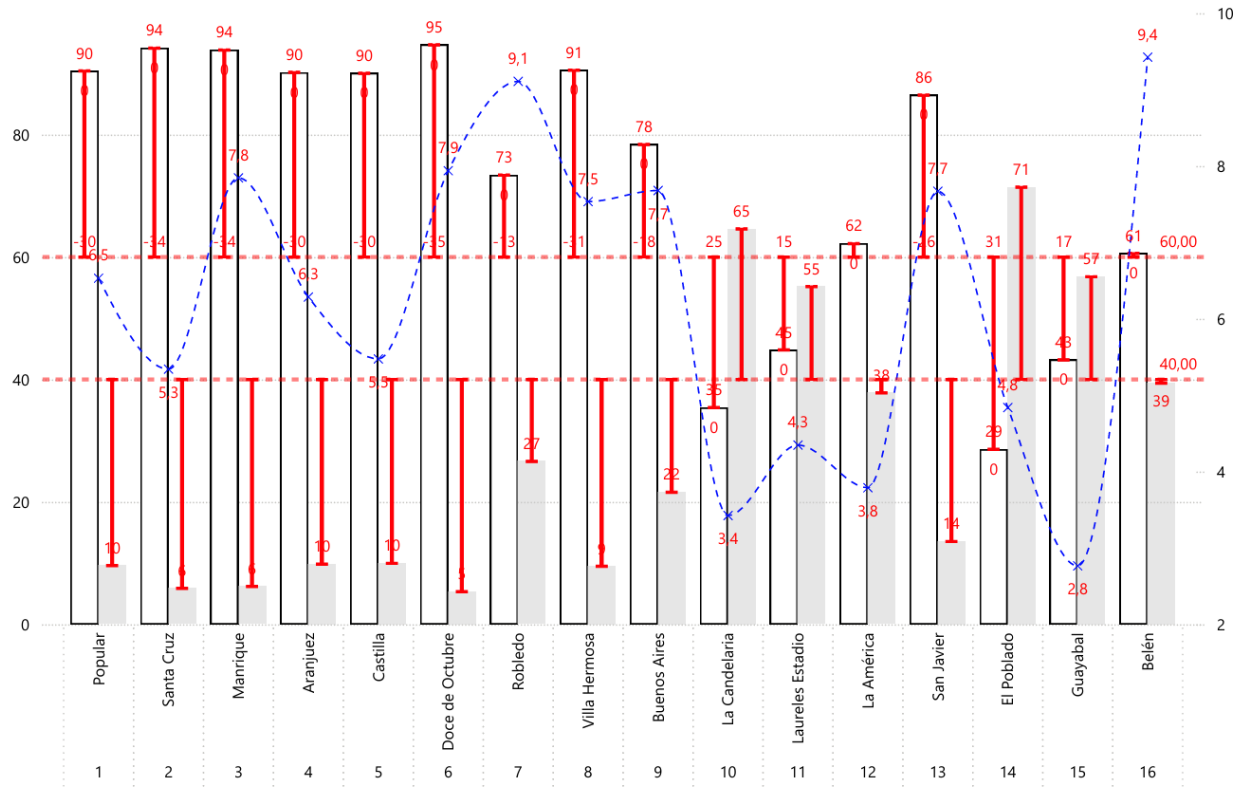
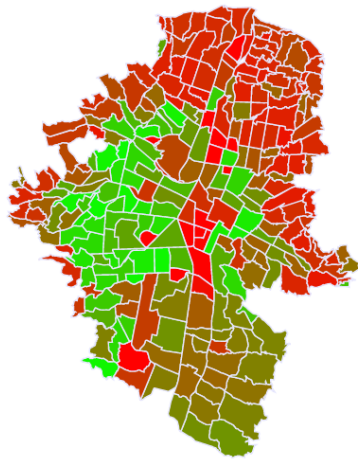


Ilustración 34 - Tablero Usos 1 por comuna



Usos



Comunas

Todas

Barrio

Todas

Limpiar filtro

Comunas

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Usos totales — %Población — Residencial

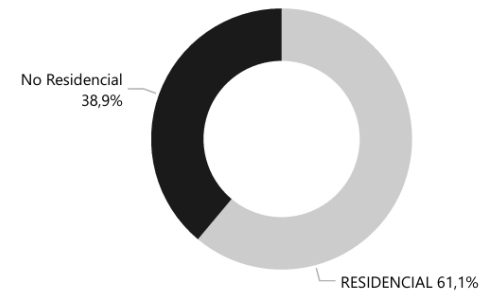
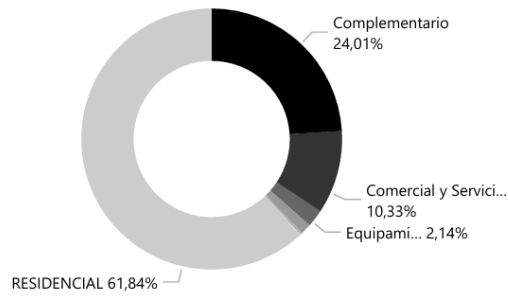
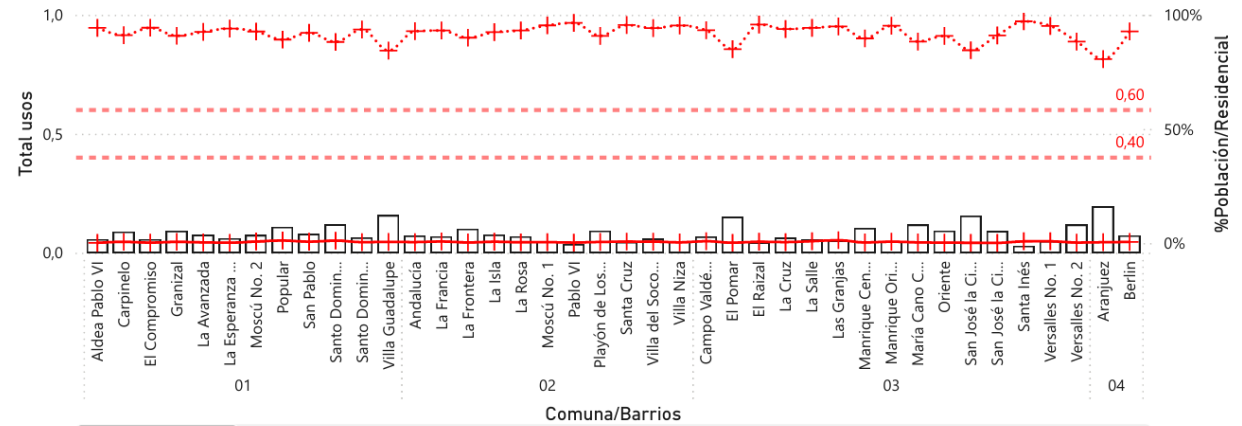
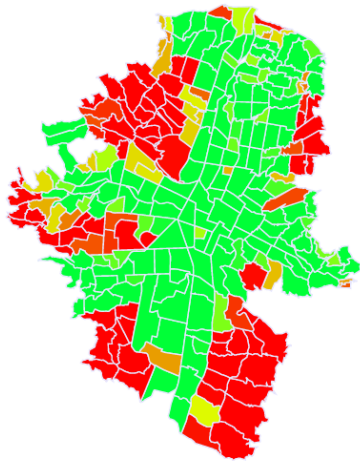


Ilustración 35 - Tablero Usos 1.1 por barrio

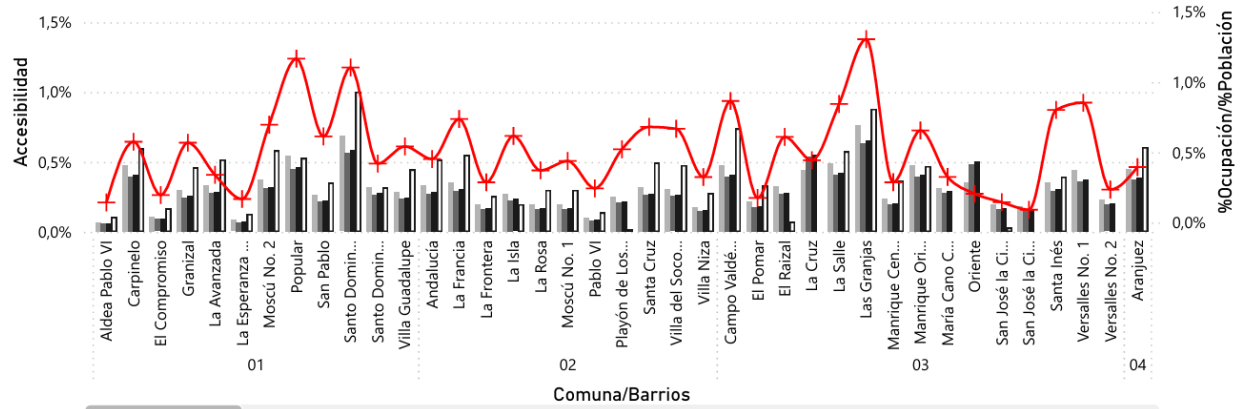


- Barrio**
- Aldea Pablo VI
 - Alejandría
 - Alejandro Echavarría
 - Alfonso López
 - Altamira
- Limpiar filtro

Comunas

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

● RESIDUOS 800M ● PARADAS DE BUSES 400M ● RUTAS DE BUSES 400M ○ TRANSPORTE MASIVO 800M — %POBLACIÓN



Accesibilidad

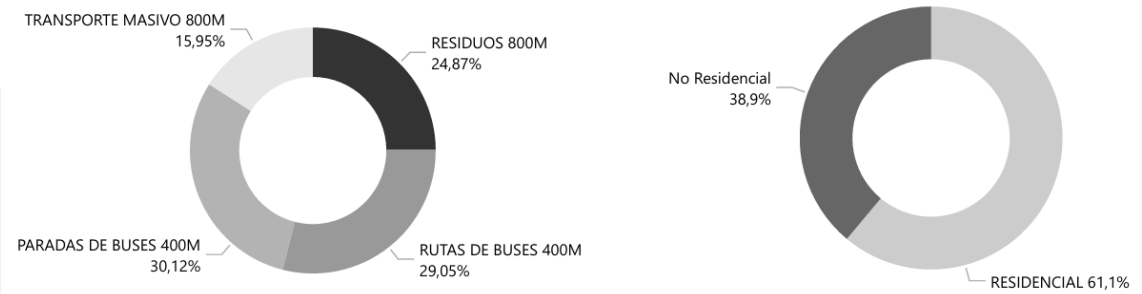
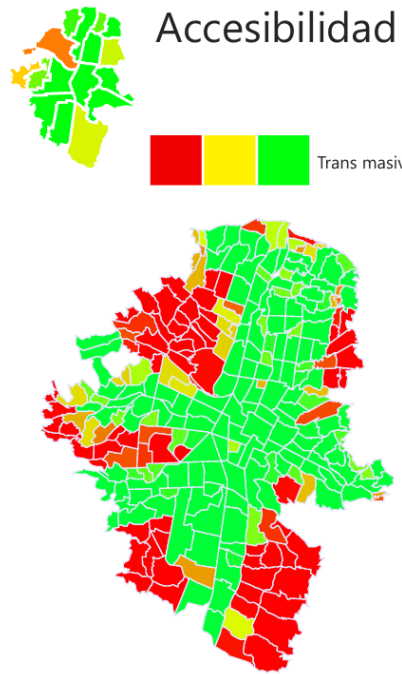
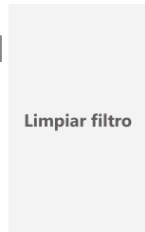


Ilustración 36 - Tablero Accesibilidad por barrio



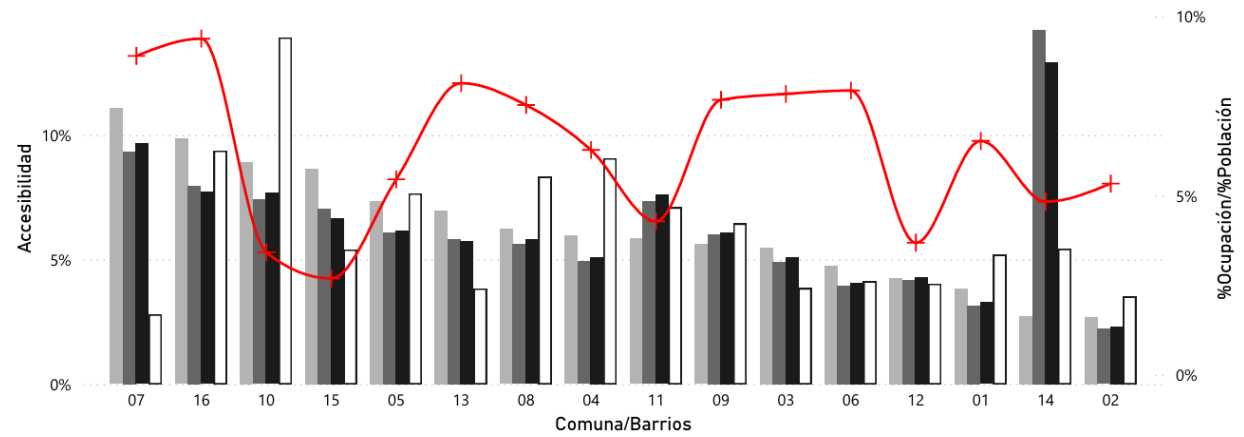
- Barrio
- Aldea Pablo VI
 - Alejandría
 - Alejandro Echavarría
 - Alfonso López
 - Altamira



Comunas

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

● RESIDUOS 800M ● PARADAS DE BUSES 400M ● RUTAS DE BUSES 400M ○ TRANSPORTE MASIVO 800M — %POBLACIÓN



Accesibilidad

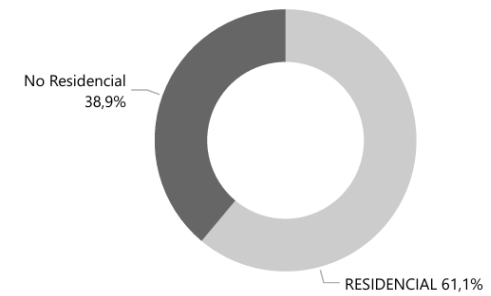
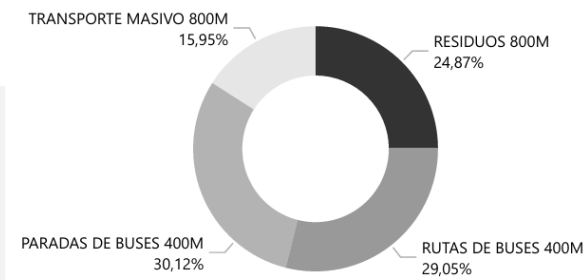


Ilustración 37 - Tablero accesibilidad por comunas

3.4 Construcción y valoración inicial

En función del diagnóstico de la zona de estudio y la recopilación de indicadores (Tabla 8), se plantea entonces el desarrollo del Indicador de Calidad del Ecosistema Urbano (ICEU) partiendo de 14 subindicadores previamente filtrados, repartidos en 3 índices (Ocupación, Infraestructura y Usuario), como se puede ver en Ilustración 38.

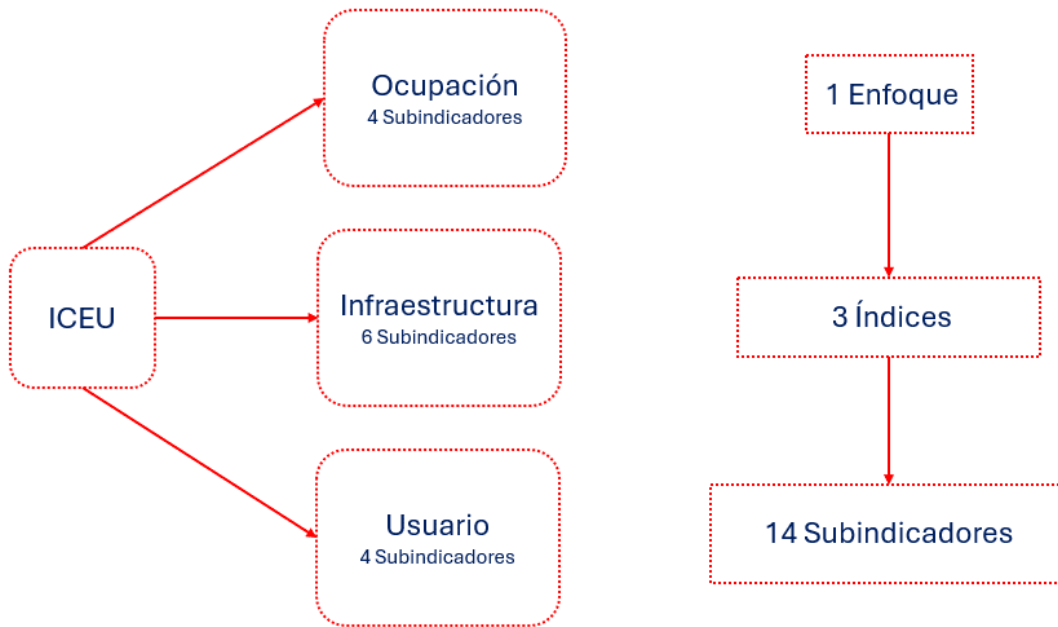


Ilustración 38 - Construcción ICEU y enfoque, elaboración propia

Para el inicio de la construcción de la metodología se ponderar de igual manera los 3 índices, cada uno contando con un tercio de peso de la evaluación total, Ocupación 0.33 (cada subindicador 0.25 del primer tercio), Infraestructura 0.33 (cada subindicador 0.16 del segundo tercio) y Usuario 0.33 (cada subindicador 0.25 del tercio final) como se ve en la Ilustración 39.

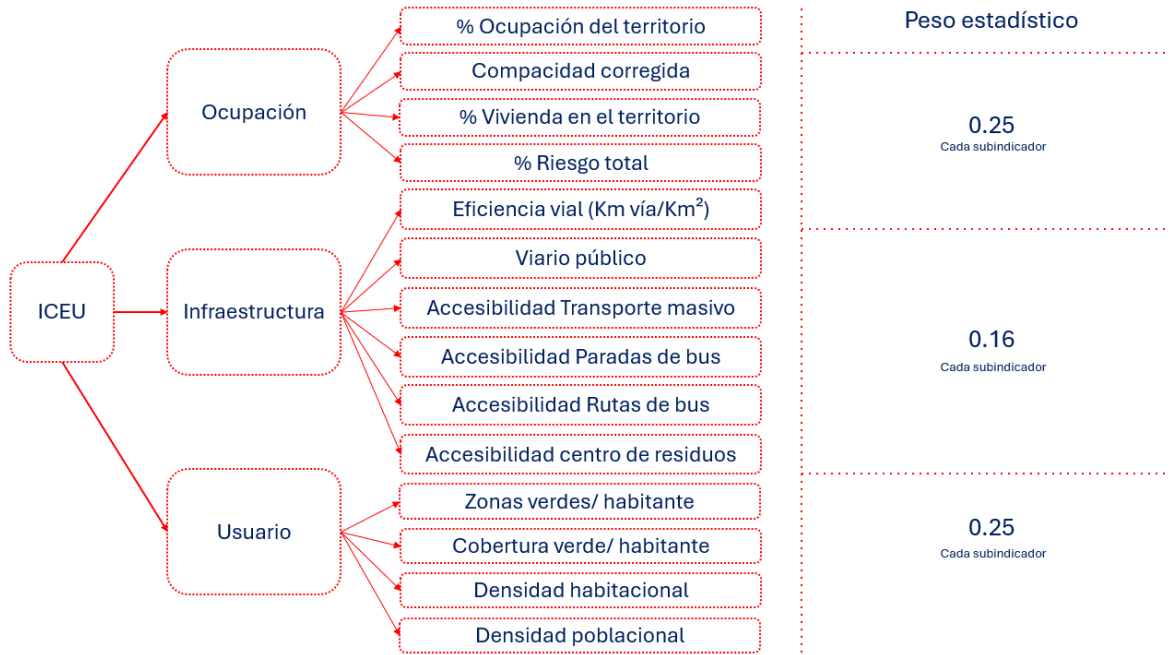


Ilustración 39 - Ponderación de subindicadores inicial, elaboración propia

Partiendo de esto y del diagnóstico inicial con la ponderación propia se convierte en necesario la validación del método a partir de un panel de expertos, la cual se desarrollará en el Capítulo 4 – Validación y Aplicación del modelo cómo se puede ver en la Ilustración 40.

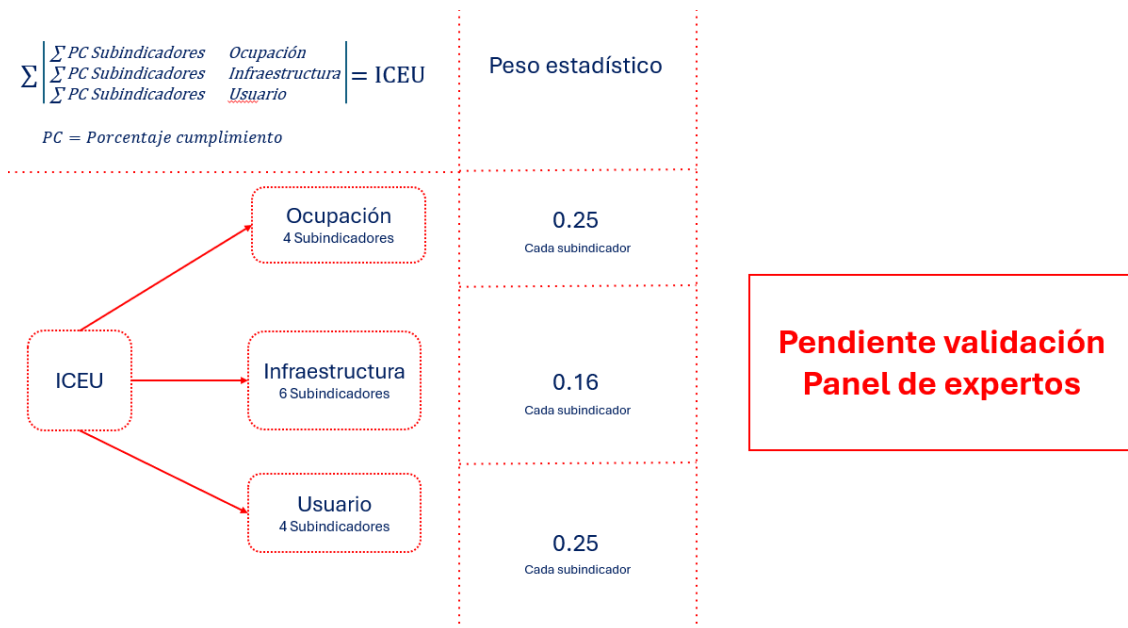


Ilustración 40 Esquema general ICEU para validación, elaboración propia

Sin embargo, previo a la validación con el panel se construyó una escala de calificación para realizar una valoración inicial de los alcances del ICEU, distribuida entre Muy bajo

(0.0 a 1.0), Bajo (1.0 a 2.0), Medio (2.0 a 2.5), Alto (2.5 a 2.9) y Muy alto (3); siendo la nota Media la de mínimo cumplimiento y la ideal entre Alta y Muy alta cómo se puede ver en Ilustración 41, calificación que también se revisará dentro del ejercicio de panel de expertos en Capítulo 4 – Validación y Aplicación del modelo.

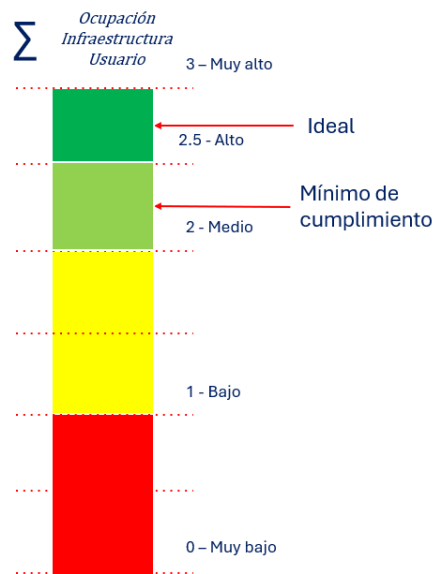


Ilustración 41 – Calificación para valoración inicial

Capítulo 4 – Validación y Aplicación del modelo

4.1 Metodología de validación con panel de expertos

Se plantea entonces un panel de expertos a través de la siguiente metodología (Ilustración 42):

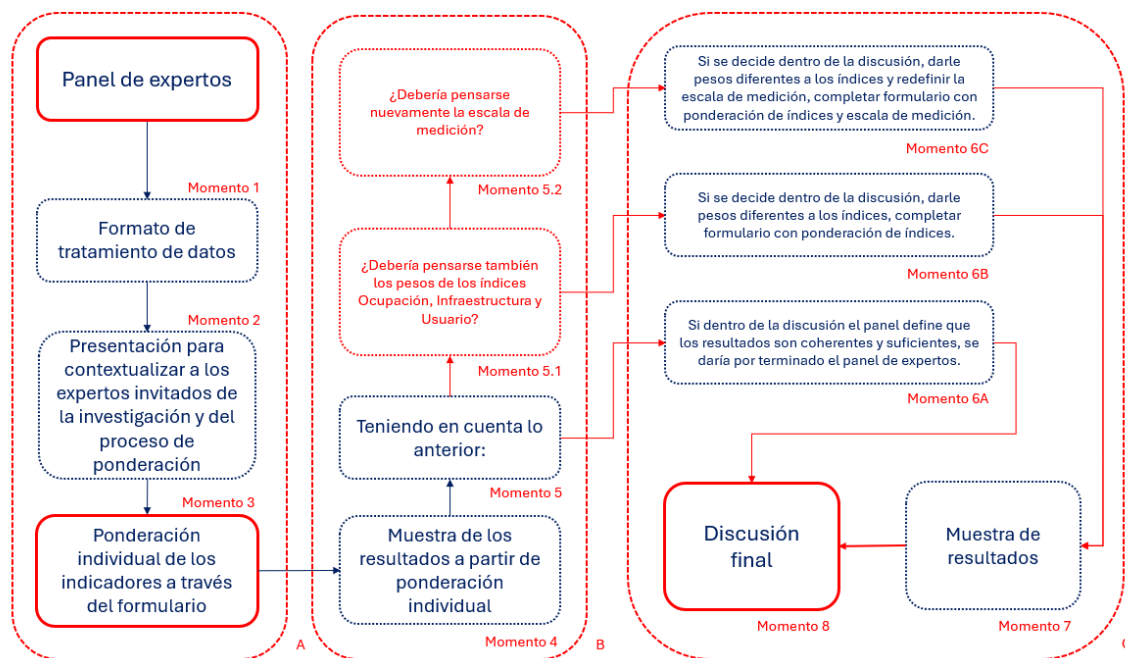


Ilustración 42 – Metodología Panel de expertos

El ejercicio se desarrolló en 3 partes (A, B y C), iniciando con la A, en la cual se desarrollaron 3 momentos: (1) la oficialización del formato de tratamiento de datos, (2) la explicación de la metodología de formularios y una presentación sobre el trabajo de investigación para concluir esta etapa en el momento 3 con la realización del ejercicio de ponderación individual.

Se continuó con la parte B, la cual contempló 2 momentos: (4) la muestra de resultados iniciales, (5) la discusión de los resultados y el planteamiento de 2 preguntas, una para ponderar también los índices y otra para modificar la escala de medición (Ilustración 41).

Y para concluir se realizó la parte C, la cual consistió en la ponderación de las respuestas a las preguntas anteriores como primer momento (6), la muestra final de resultados (7) y la discusión grupal final (8). Este esquema general se puede revisar en la Ilustración 42.

4.2 Panel de expertos

4.2.1 Invitación formal a expertos

Para la selección de expertos se invitó a 9 profesionales que tuvieran enfoque similar al de la maestría, interés en el proceso o profesionales del gremio de la arquitectura, ingeniería y urbanismo (Tabla 24), para lo cual se desarrolló una invitación en formato carta para invitar a los expertos (C1-CARTA INVITACIÓN PANEL DE EXPERTOS).

Tabla 24 – Profesionales participantes de panel de expertos

Profesión	Mayor nivel académico alcanzado	Disciplina de experticia
Arquitecta	Maestría	Estudios Urbanos y Regionales - Infraestructura
Arquitecto	Maestría	Planeación y ordenamiento territorial
Arquitecto	Doctorado	Urbanismo
Arquitecto	Maestría	Urbanismo
Ingeniero Agrícola	Maestría	Gestión territorial
Arquitecta	Especialización	Arquitectura, urbanismo y ordenamiento territorial
Arquitecta	Maestría	Bioclimática
Arquitecto	Maestría	Bioclimática
Arquitecto	Maestría	bioclimática

4.2.2 Contextualización y formalización de tratamiento de datos

Para la participación de los expertos se hizo una explicación general del proyecto de investigación para contextualizarlos en el tema a evaluar y se oficializó su participación con una declaración de tratamiento de datos incluida dentro de los anexos del documento (D1-FORMATO DE TRATAMIENTO DE DATOS PARA PANEL DE EXPERTOS, D2-Formato de Autorización para el Tratamiento de Datos Personales (respuestas) - Respuestas de formulario 1)

4.2.3 Explicación y metodología de trabajo, formatos, medio y presentación general

En este punto del espacio académico se realizó la aclaración de la metodología de trabajo en cuanto al formulario a diligenciar en formato digital (explicado en 4.3.1 Formularios de ponderación y en los anexos E1, E2, y E3) y posterior a esto se realizó la exposición

general del proyecto de investigación para que todos los asistentes incluida en el anexo C2-PRESENTACIÓN PANEL DE EXPERTOS.

4.3 Ponderación individual y resultados

Contando con la contextualización y la metodología de trabajo aclaradas se realizó entonces el proceso de ponderación de indicadores para la validación y la definición de la calificación para la valoración.

4.3.1 Formularios de ponderación

En primer lugar se realizó un formulario de ponderación que únicamente trabajó los 14 subindicadores, en los cuales se calificaba de 1 a 5 la relevancia del subindicador, luego de la muestra de resultados, la discusión inicial y la pregunta ¿Debería pensarse también los pesos de los indicadores?, se realizó un segundo formulario para esa nueva ponderación, en la cual se calificaba la relevancia del indicador de 1 a 5, se presentaron nuevamente los resultados y se finalizó con la última pregunta ¿Debería pensarse nuevamente la escala de medición?, se puede ver el punto de arranque en la Ilustración 43.

Nombre	ÍNDICE	PESO ESTADÍSTICO	PONDERACIÓN	PESO SUBINDICADOR	%	PESO ÍNDICE	%
I - Accesibilidad transporte masivo	INFRAESTRUCTURA	5,00	16,67	0,17	6%	1,00	33%
I - Accesibilidad paradas de bus	INFRAESTRUCTURA	5,00	16,67	0,17	6%		
I - Accesibilidad rutas de bus	INFRAESTRUCTURA	5,00	16,67	0,17	6%		
I - Accesibilidad centros de residuos	INFRAESTRUCTURA	5,00	16,67	0,17	6%		
I - Vialidad pública	INFRAESTRUCTURA	5,00	16,67	0,17	6%		
I - Eficiencia vial	INFRAESTRUCTURA	5,00	16,67	0,17	6%	1,00	33%
O - % Ocupación del territorio	OCUPACIÓN	5,00	25,00	0,25	8%		
O - Compacidad corregida	OCUPACIÓN	5,00	25,00	0,25	8%		
O - % Vivienda en el territorio	OCUPACIÓN	5,00	25,00	0,25	8%		
O - % Riesgo total	OCUPACIÓN	5,00	25,00	0,25	8%	1,00	33%
U - Zonas verdes por habitante	USUARIO	5,00	25,00	0,25	8%		
U - Cobertura verde por habitante	USUARIO	5,00	25,00	0,25	8%		
U - Densidad poblacional	USUARIO	5,00	25,00	0,25	8%		
U - Densidad habitacional	USUARIO	5,00	25,00	0,25	8%		

Ilustración 43 – Tabla de valores iniciales de ponderación

A través del primer formulario de calificación de relevancia de los subindicadores se obtuvo este resultado de opiniones de expertos (Ilustración 44):

Nombre	ÍNDICE	EXPERTO 1	EXPERTO 2	EXPERTO 3	EXPERTO 4	EXPERTO 5	EXPERTO 6	EXPERTO 7	EXPERTO 8	EXPERTO 9
I - Accesibilidad transporte masivo	INFRAESTRUCTURA	4	5	3	3	3	3	5	3	3
I - Accesibilidad paradas de bus	INFRAESTRUCTURA	5	5	4	4	5	3	5	4	5
I - Accesibilidad rutas de bus	INFRAESTRUCTURA	5	5	5	5	5	5	4	5	4
I - Accesibilidad centros de residuos	INFRAESTRUCTURA	3	5	4	4	4	4	3	2	3
I - Vialidad pública	INFRAESTRUCTURA	5	5	3	5	5	4	4	5	3
I - Eficiencia vial	INFRAESTRUCTURA	5	5	3	4	2	3	3	5	2
O - % Ocupación del territorio	OCUPACIÓN	5	5	5	5	3	4	4	4	4
O - Compacidad corregida	OCUPACIÓN	5	5	3	4	5	5	5	4	5
O - % Vivienda en el territorio	OCUPACIÓN	5	5	4	3	3	3	4	5	4
O - % Riesgo total	OCUPACIÓN	5	5	4	2	5	5	5	5	5
U - Zonas verdes por habitante	USUARIO	5	5	4	5	5	3	4	5	5
U - Cobertura verde por habitante	USUARIO	5	5	3	4	5	5	5	5	3
U - Densidad poblacional	USUARIO	5	5	5	4	4	4	5	2	4
U - Densidad habitacional	USUARIO	5	5	4	5	3	5	5	4	3

Ilustración 44 – Ponderación individual expertos de subindicadores

Estos resultados modificaron los pesos de los subindicadores como se puede evidenciar en la Ilustración 45:

Nombre	ÍNDICE	PESO ESTADÍSTICO	PONDERACIÓN	%	PESO SUBINDICADOR FINAL	PESO ESTADÍSTICO INDICE EXPERTOS	PESO INDICE PONDERADO	PESO FINAL INDICE
I - Accesibilidad transporte masivo	INFRAESTRUCTURA	3,56	14,68	5%	0,15			
I - Accesibilidad paradas de bus	INFRAESTRUCTURA	4,44	18,35	6%	0,18			
I - Accesibilidad rutas de bus	INFRAESTRUCTURA	4,78	19,72	7%	0,20			
I - Accesibilidad centros de residuos	INFRAESTRUCTURA	3,56	14,68	5%	0,15	5,00	33%	1,00
I - Vialidad pública	INFRAESTRUCTURA	4,33	17,89	6%	0,18			
I - Eficiencia vial	INFRAESTRUCTURA	3,56	14,68	5%	0,15			
O - % Ocupación del territorio	OCUPACIÓN	4,33	24,84	8%	0,25			
O - Compacidad corregida	OCUPACIÓN	4,56	26,11	9%	0,26	5,00	33%	1,00
O - % Vivienda en el territorio	OCUPACIÓN	4,00	22,93	8%	0,23			
O - % Riesgo total	OCUPACIÓN	4,56	26,11	9%	0,26			
U - Zonas verdes por habitante	USUARIO	4,56	25,95	9%	0,26			
U - Cobertura verde por habitante	USUARIO	4,44	25,32	8%	0,25	5,00	33%	1,00
U - Densidad poblacional	USUARIO	4,22	24,05	8%	0,24			
U - Densidad habitacional	USUARIO	4,33	24,68	8%	0,25			

Ilustración 45 – Pesos finales de subindicadores

Luego de la pregunta ¿Debería pensarse también los pesos de los indicadores? Y a través del segundo formulario, se recopiló la opinión de los expertos frente a la relevancia de cada índice (Ilustración 46):

ÍNDICE	EXPERTO 1	EXPERTO 2	EXPERTO 3	EXPERTO 4	EXPERTO 5	EXPERTO 6
INFRAESTRUCTURA	5	4	3	4	4	2
OCUPACIÓN	5	5	5	2	4	4
USUARIO	5	4	4	5	5	5

Ilustración 46 – Ponderación individual expertos de índices

Con estos nuevos datos se realizó entonces la ponderación de los índices y se recalcularon los subindicadores quedando todo de la siguiente manera (Ilustración 47):

Nombre	ÍNDICE	PESO ESTADÍSTICO	PONDERACIÓN	%	PESO SUBINDICADOR FINAL	PESO ESTADÍSTICO INDICE EXPERTOS	PESO INDICE PONDERADO	PESO FINAL INDICE
I - Accesibilidad transporte masivo	INFRAESTRUCTURA	3,56	14,68	5%	0,13	3,67	30%	0,91
I - Accesibilidad paradas de bus	INFRAESTRUCTURA	4,44	18,35	6%	0,17			
I - Accesibilidad rutas de bus	INFRAESTRUCTURA	4,78	19,72	7%	0,18			
I - Accesibilidad centros de residuos	INFRAESTRUCTURA	3,56	14,68	5%	0,13			
I - Viario público	INFRAESTRUCTURA	4,33	17,89	6%	0,16			
I - Eficiencia vial	INFRAESTRUCTURA	3,56	14,68	5%	0,13	3,89	32%	0,96
O - % Ocupación del territorio	OCUPACIÓN	4,33	24,84	8%	0,24			
O - Compacidad corregida	OCUPACIÓN	4,56	26,11	9%	0,25			
O - % Vivienda en el territorio	OCUPACIÓN	4,00	22,93	8%	0,22			
O - % Riesgo total	OCUPACIÓN	4,56	26,11	9%	0,25			
U - Zonas verdes por habitante	USUARIO	4,56	25,95	9%	0,29	4,56	38%	1,13
U - Cobertura verde por habitante	USUARIO	4,44	25,32	8%	0,29			
U - Densidad poblacional	USUARIO	4,22	24,05	8%	0,27			
U - Densidad habitacional	USUARIO	4,33	24,68	8%	0,28			

Ilustración 47 – Ponderación final índices y subindicadores

Posterior a esto se les hizo la pregunta ¿Debería pensarse nuevamente la escala de medición? A los expertos, en la cual se concluyó que no era necesaria la modificación, lo que permitió entonces el cierre del ejercicio de panel de expertos. En conclusión y gracias al ejercicio se llegó a que el método construido es pertinente en función de la medición de la calidad del ecosistema urbano, si bien hubo algunas variaciones en la ponderación, estas no representan un cambio significativo en la estructura del modelo de medición como se puede evidenciar en **Ilustración 48**, las variaciones de los resultados se podrán evidenciar en el apartado 4.4.

Nombre	ÍNDICE	PESO SUBINDICADOR	PESO SUBINDICADOR FINAL	% VARIACIÓN	PESO ÍNDICE	PESO FINAL INDICE	% VARIACIÓN
I - Accesibilidad transporte masivo	INFRAESTRUCTURA	0,146788991	0,133322111	9,17%	1	0,908256881	9,17%
I - Accesibilidad paradas de bus	INFRAESTRUCTURA	0,183486239	0,166652639	9,17%			
I - Accesibilidad rutas de bus	INFRAESTRUCTURA	0,197247706	0,179151587	9,17%			
I - Accesibilidad centros de residuos	INFRAESTRUCTURA	0,146788991	0,133322111	9,17%			
I - Viario público	INFRAESTRUCTURA	0,178899083	0,162486323	9,17%			
I - Eficiencia vial	INFRAESTRUCTURA	0,146788991	0,133322111	9,17%	1	0,963302752	3,67%
O - % Ocupación del territorio	OCUPACIÓN	0,248407643	0,239291766	3,67%			
O - Compacidad corregida	OCUPACIÓN	0,261146497	0,251563139	3,67%			
O - % Vivienda en el territorio	OCUPACIÓN	0,229299363	0,220884708	3,67%			
O - % Riesgo total	OCUPACIÓN	0,261146497	0,251563139	3,67%			
U - Zonas verdes por habitante	USUARIO	0,259493671	0,292823133	12,84%	1	1,128440367	12,84%
U - Cobertura verde por habitante	USUARIO	0,253164557	0,285681106	12,84%			
U - Densidad poblacional	USUARIO	0,240506329	0,27139705	12,84%			
U - Densidad habitacional	USUARIO	0,246835443	0,278539078	12,84%			

Ilustración 48 – Tabla de variaciones de ponderación

4.4 Organización de resultados

A partir entonces de la nueva ponderación se hizo una socialización de los resultados nuevos comparándolos con los de base como se puede ver en la Tabla 25 y Tabla 26

Tabla 25 – Síntesis de variación de resultados ICEU e índices

ÍNDICE	PESO	VALOR	VALOR INICIAL	PESO FINAL	VALOR	VALOR FINAL	%VARIACIÓN	% VARIACIÓN
INFRAESTRUCTURA	1	0,82	▲ 2,11	0,91	0,75	▼ 2,08	8,0%	1,6%
OCUPACIÓN	1	0,73		0,96	0,70		4,1%	
USUARIO	1	0,56		1,13	0,62		11,0%	

Tabla 26 – Síntesis de variación de subindicadores

SUBINDICADOR	PESO	PESO FINAL	% CUMPLIMIENTO	VALOR	VALOR FINAL	%VARIACIÓN
I - Accesibilidad transporte masivo	0,15	0,13	58,1%	0,09	0,08	9,2%
I - Accesibilidad paradas de bus	0,18	0,17	99,0%	0,18	0,17	9,2%
I - Accesibilidad rutas de bus	0,20	0,18	96,9%	0,19	0,17	9,2%
I - Accesibilidad centros de residuos	0,15	0,13	85,7%	0,13	0,11	9,2%
I - Viario público	0,18	0,16	69,9%	0,13	0,11	9,2%
I - Eficiencia vial	0,15	0,13	82,8%	0,12	0,11	9,2%
O - % Ocupación del territorio	0,25	0,24	77,2%	0,19	0,18	3,7%
O - Compacidad corregida	0,26	0,25	64,4%	0,17	0,16	3,7%
O - % Vivienda en el territorio	0,23	0,22	70,2%	0,16	0,16	3,7%
O - % Riesgo total	0,26	0,25	78,6%	0,21	0,20	3,7%
U - Zonas verdes por habitante	0,26	0,29	21,5%	0,06	0,06	12,8%
U - Cobertura verde por habitante	0,25	0,29	68,8%	0,17	0,20	12,8%
U - Densidad poblacional	0,24	0,27	65,9%	0,16	0,18	12,8%
U - Densidad habitacional	0,25	0,28	65,9%	0,16	0,18	12,8%

Como se puede evidenciar en las tablas anteriores, no hubo una variación significativa en el resultado final sino una redistribución de porcentajes al interior del indicador como se puede ver en la Ilustración 49.

Índice	Valor 0 - 3	%	Índice	Valor 0 - 3	%
INFRAESTRUCTURA	1,00	33,33	INFRAESTRUCTURA	0,91	30,28
OCUPACIÓN	1,00	33,33	OCUPACIÓN	0,96	32,11
USUARIO	1,00	33,33	USUARIO	1,13	37,61

Valores iniciales

Valores finales

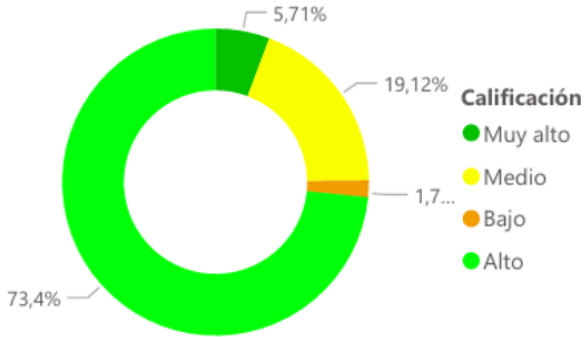
Ilustración 49 – Comparación valores iniciales y finales ICEU

Lo anterior se ve ejemplificado claramente en la estructura del indicador (Ilustración 50), la población (Ilustración 51), el territorio (Ilustración 52) y la comparación final de valores por comuna (Ilustración 54).



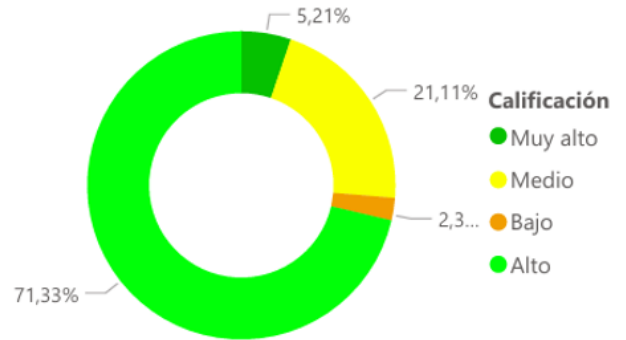
Ilustración 50 – Comparación valores y pesos iniciales y finales ICEU

Población / ICEU



Valores iniciales

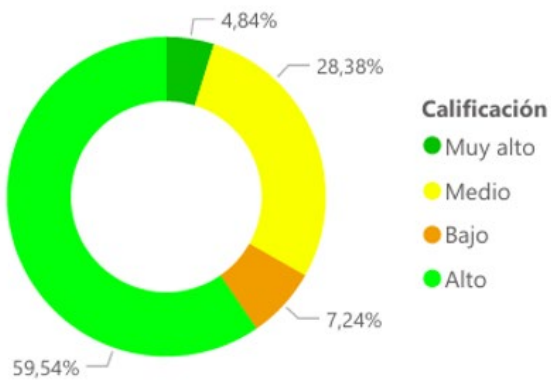
Población / ICEU



Valores finales

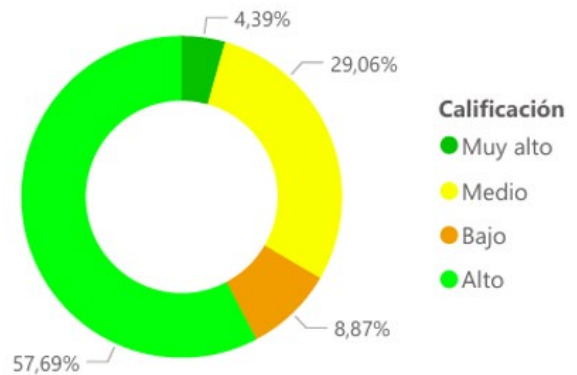
Ilustración 51 – Comparación población/ICEU

Territorio / ICEU



Valores iniciales

Territorio / ICEU



Valores finales

Ilustración 52 – Comparación Territorio/ICEU

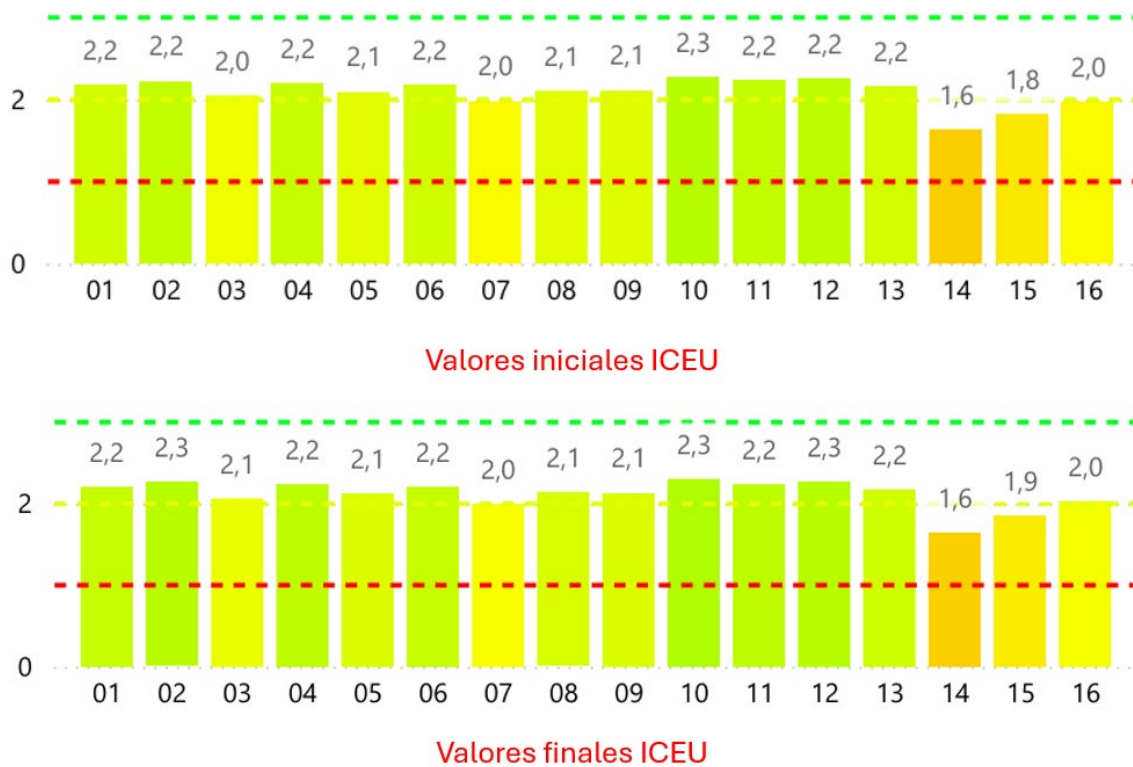


Ilustración 53 – Comparación valores iniciales y finales ICEU por comuna

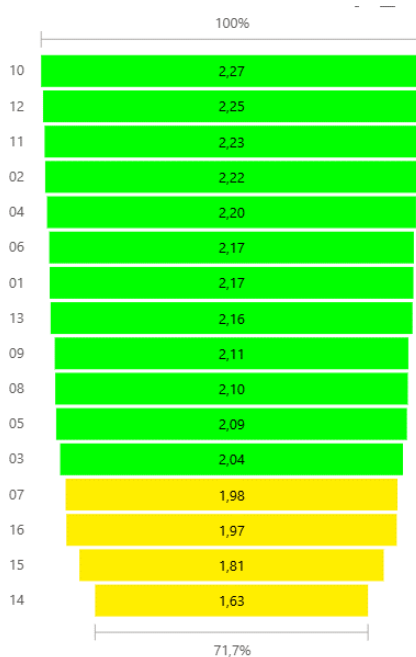


Ilustración 54 – Gráfico de mayor a menor calificación ICEU

4.5 Aplicación del ICEU

Para el presente capítulo se va a mostrar los resultados generados a través de la aplicación del ICEU ajustado por el panel de expertos, para maximizar el uso de la herramienta se procede a mostrar dichos resultados primero de manera general (Ilustración 56 a Ilustración 66) y luego comparando 4 de las 16 comunas analizadas que son: Manrique (3), La Candelaria (10), La América (12) y El Poblado (14) como se puede ver en la Ilustración 55, para así entender las diferentes variaciones que suceden dentro de la escala de medición del Indicador (Ilustración 67 a Ilustración 76).

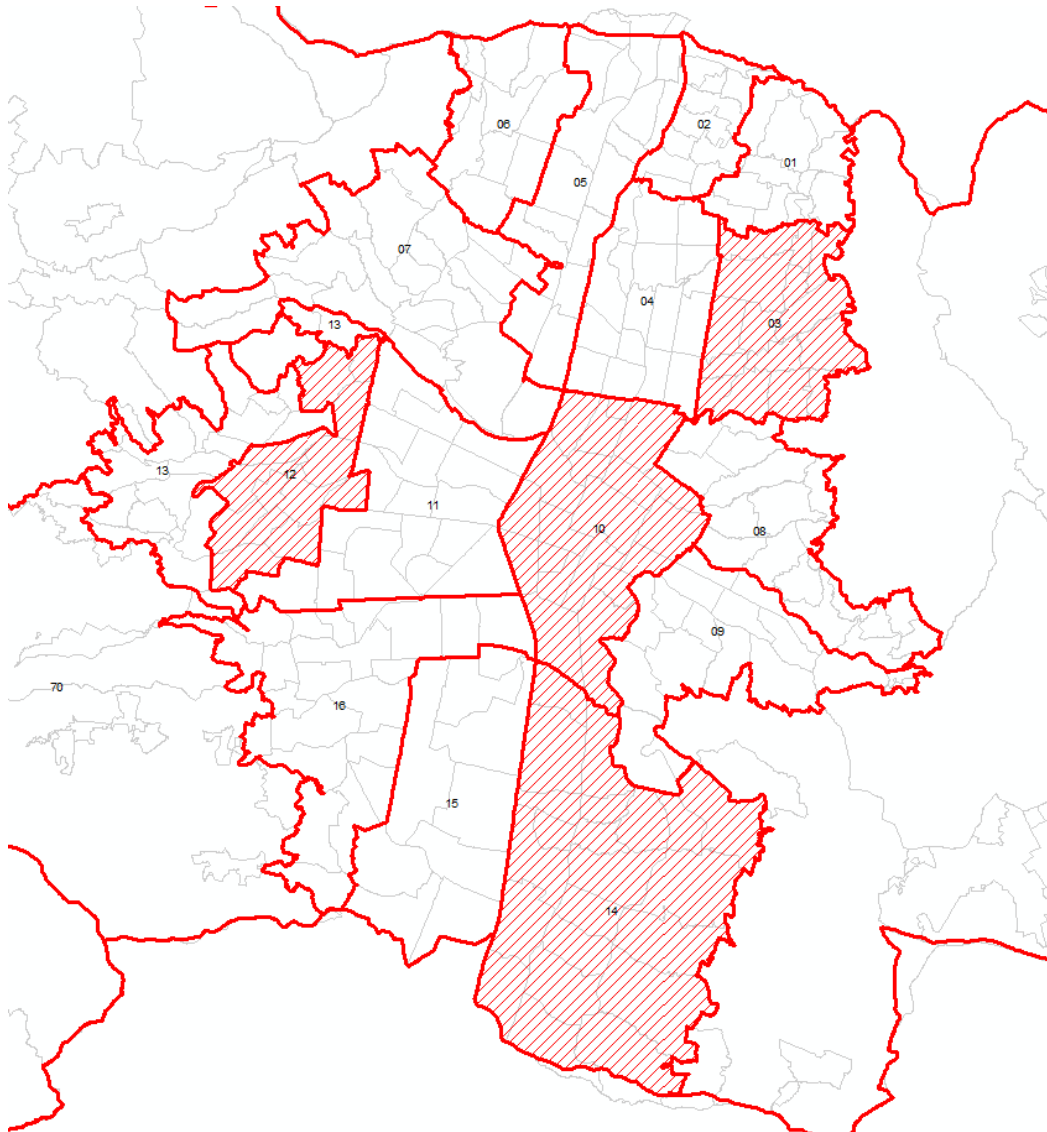
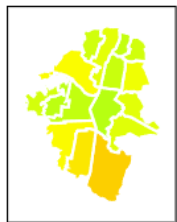
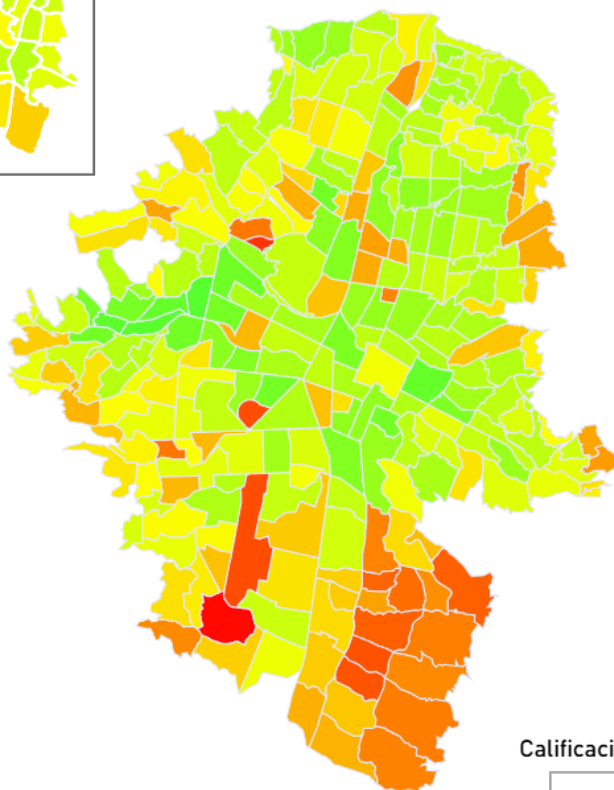


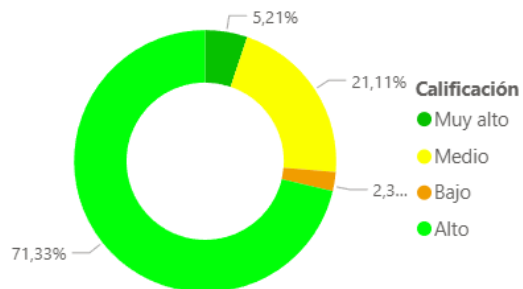
Ilustración 55 – Comunas seleccionadas



Barrio / ICEU



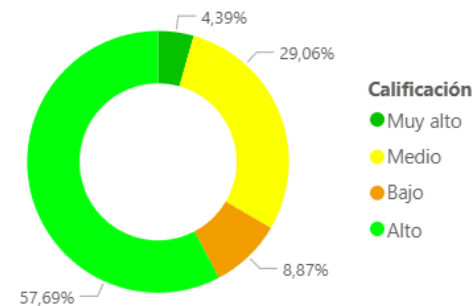
Población / ICEU



2024
AÑO POBLACIÓN

Territorio / ICEU

2,08
INDICADOR



Calificación



Comunas



Ilustración 56 – Resultado general del ICEU

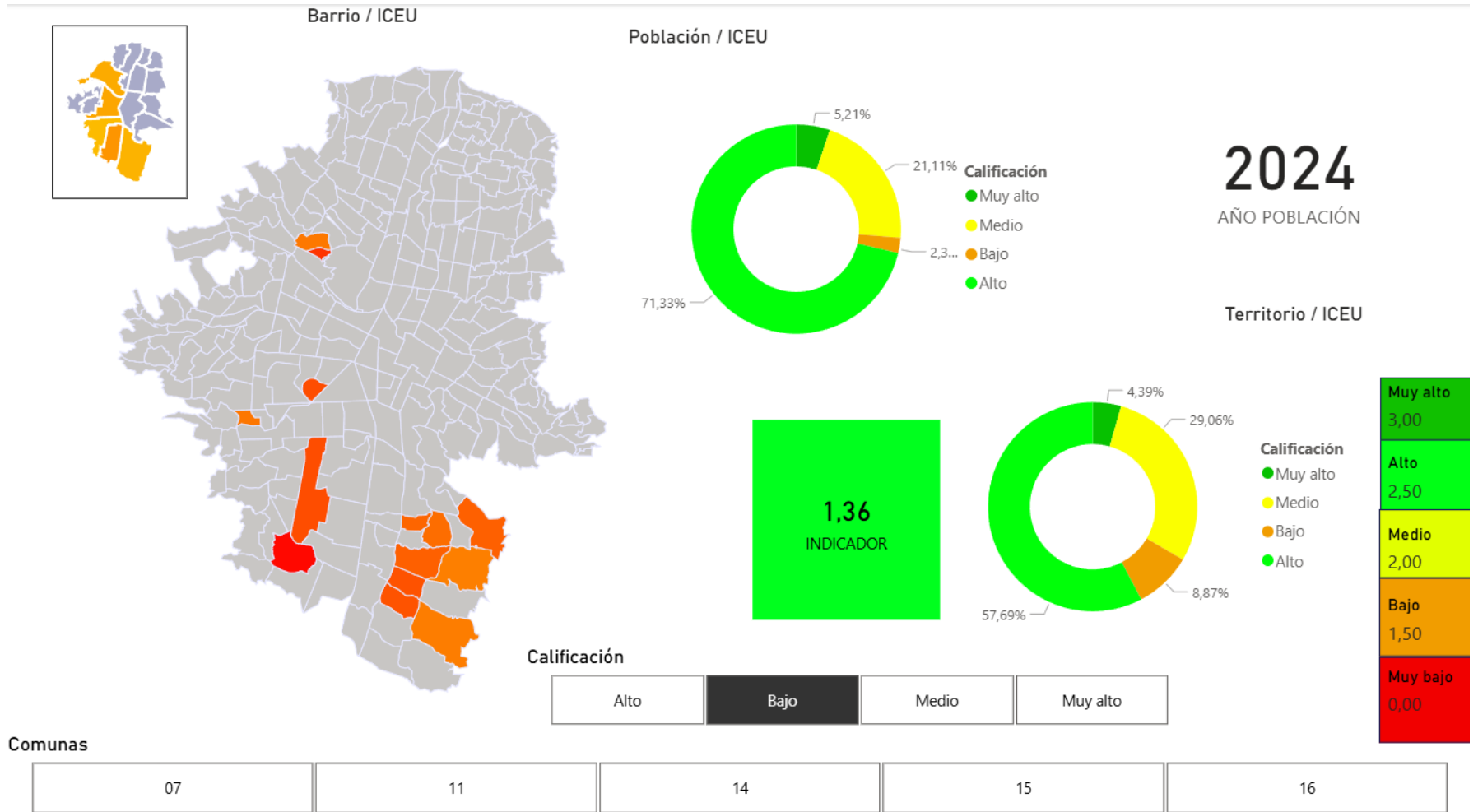


Ilustración 57 - Resultado general Bajo ICEU

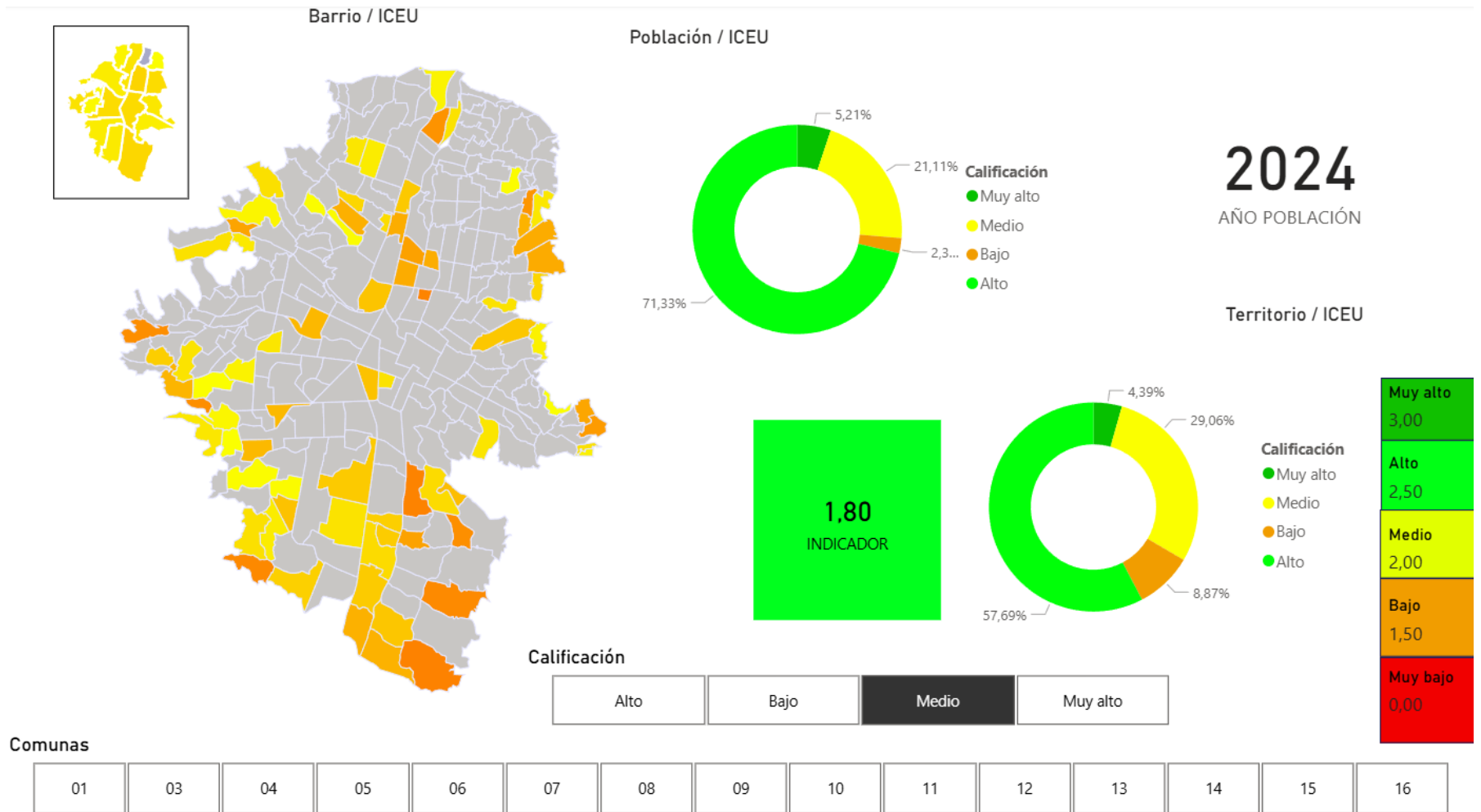


Ilustración 58 – Resultado general Medio ICEU

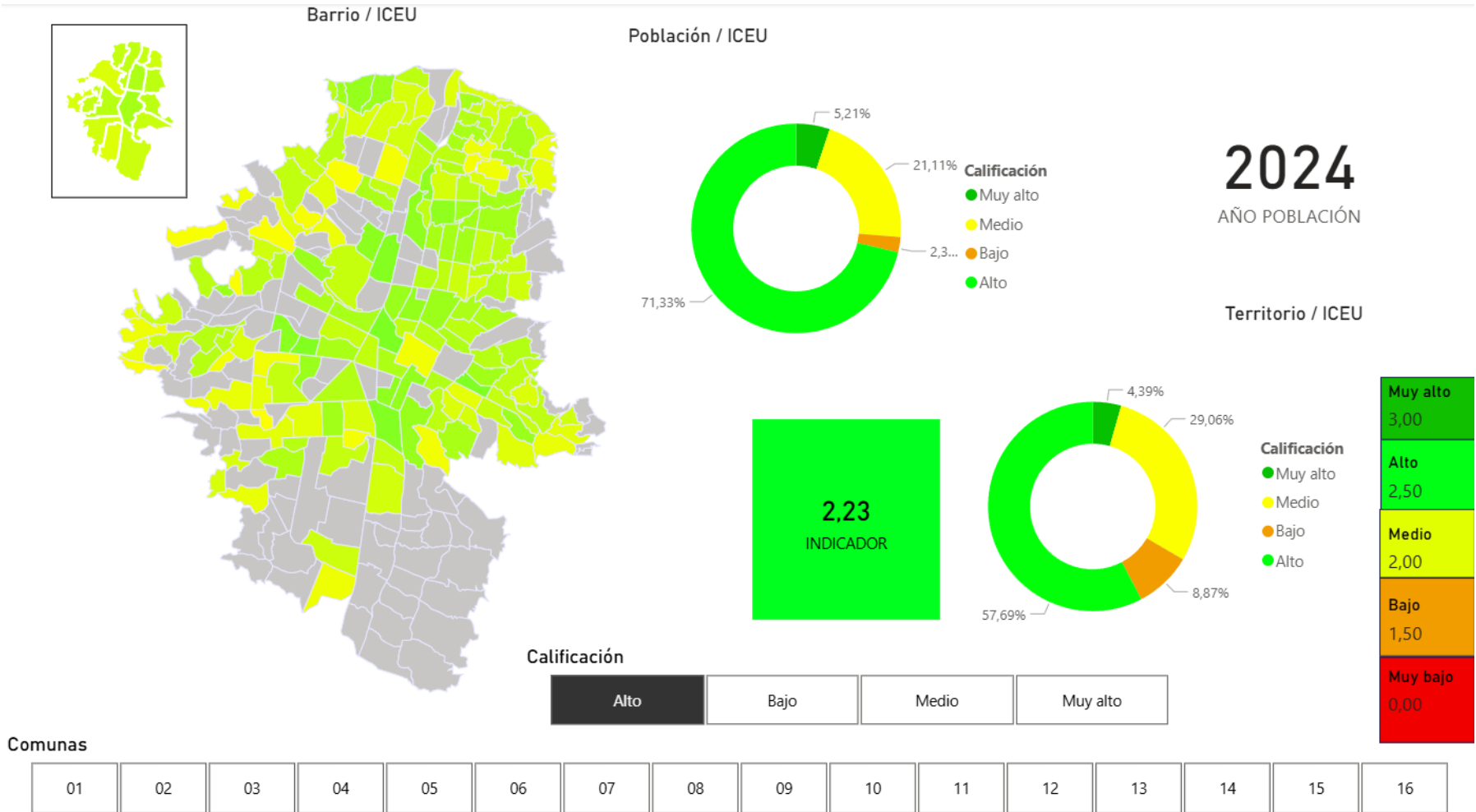


Ilustración 59 – Resultado general Alto ICEU

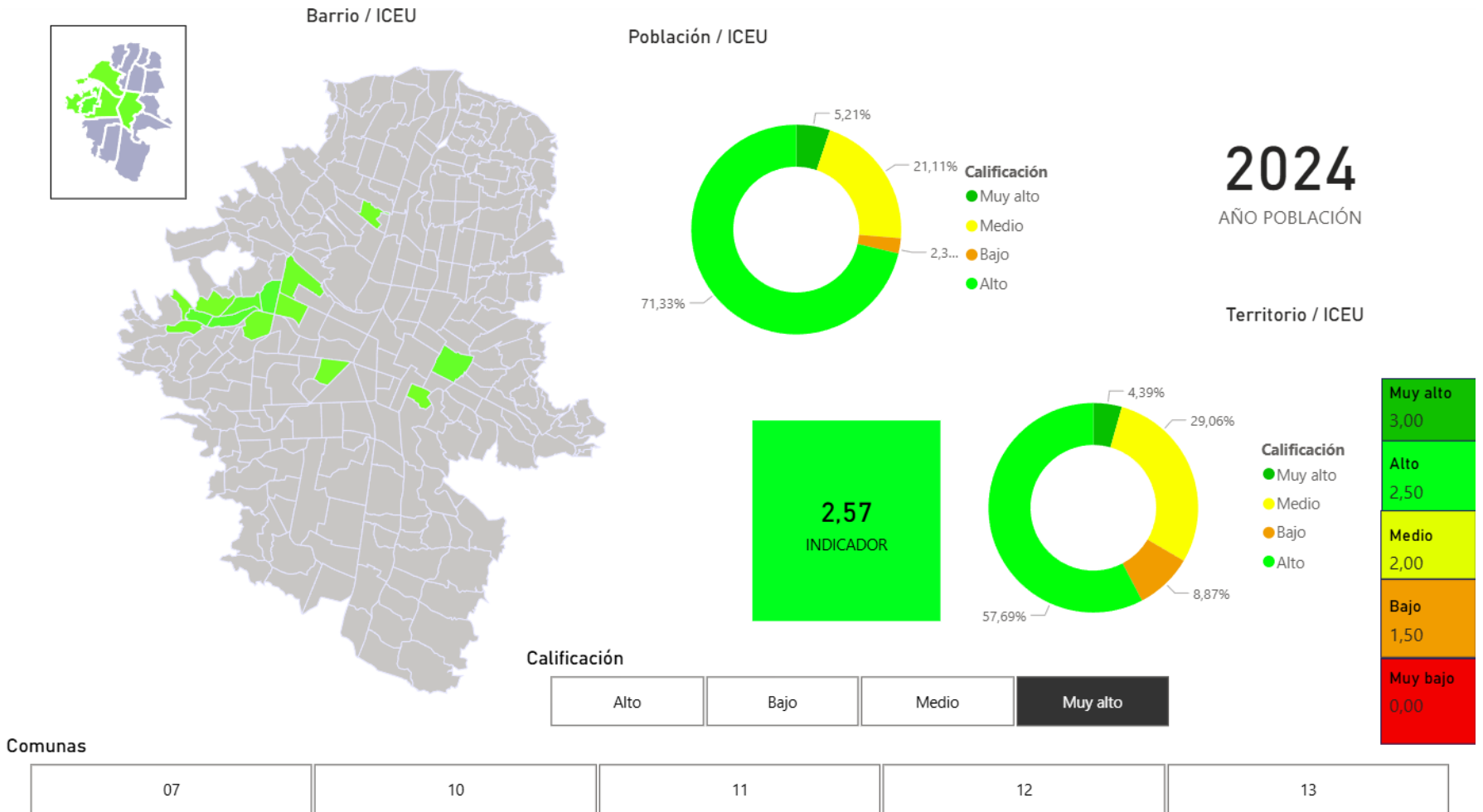


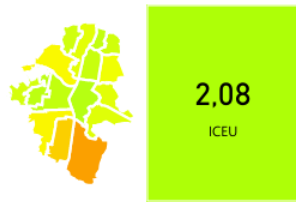
Ilustración 60 – Resultado general Muy alto ICEU



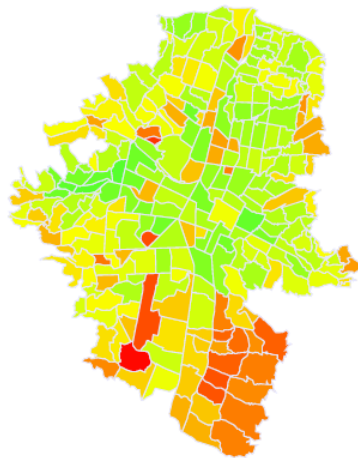
Ilustración 61 – Top +10 y -10 de calificación de ICEU



Ilustración 62 – Estratificación e ICEU



0,62
USUARIO
0,70
OCUPACION
0,75
INFRAESTRUCTURA



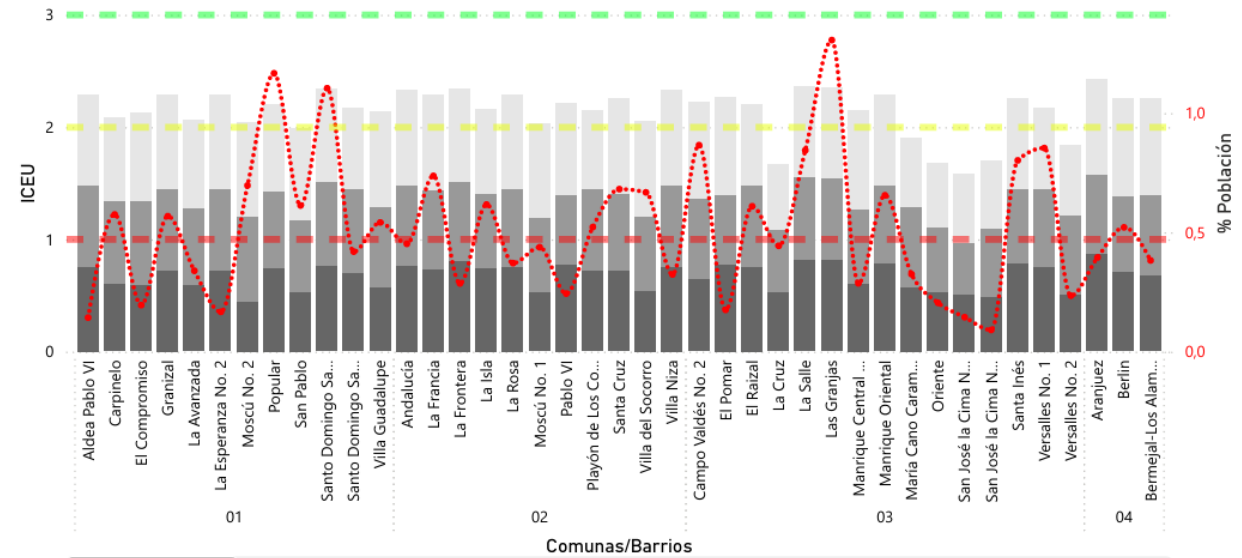
- Barrio**
- Aldea Pablo VI
 - Alejandría
 - Alejandro Echavarría
 - Alfonso López
 - Altamira

Limpiar filtro

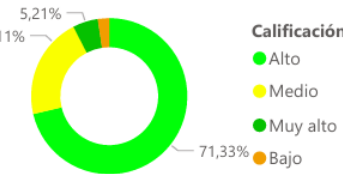
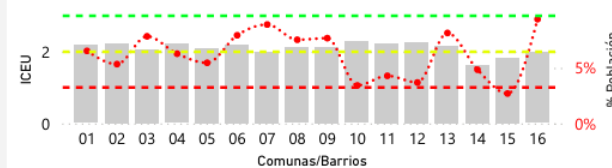
Comunas

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

● OCUPACION ● USUARIO ■ INFRAESTRUCTURA ● % Población



● INDICADOR ● % Población



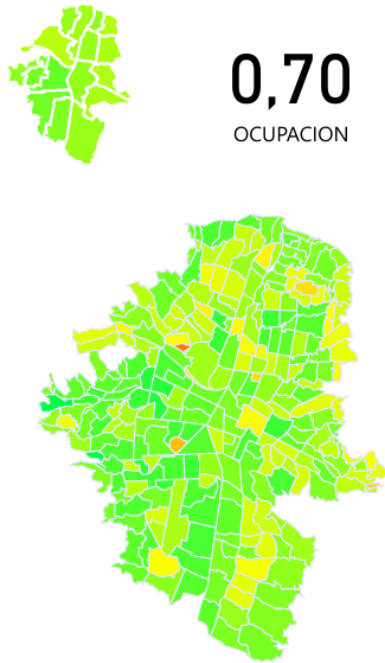
Calificación

- Alto
- Medio
- Muy alto
- Bajo

2 mill.
Habitantes

100,00
% Población

Ilustración 63 – Población e ICEU



0,70
OCUPACION

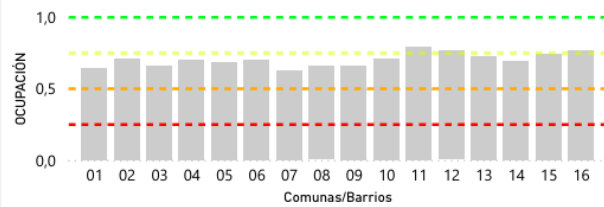
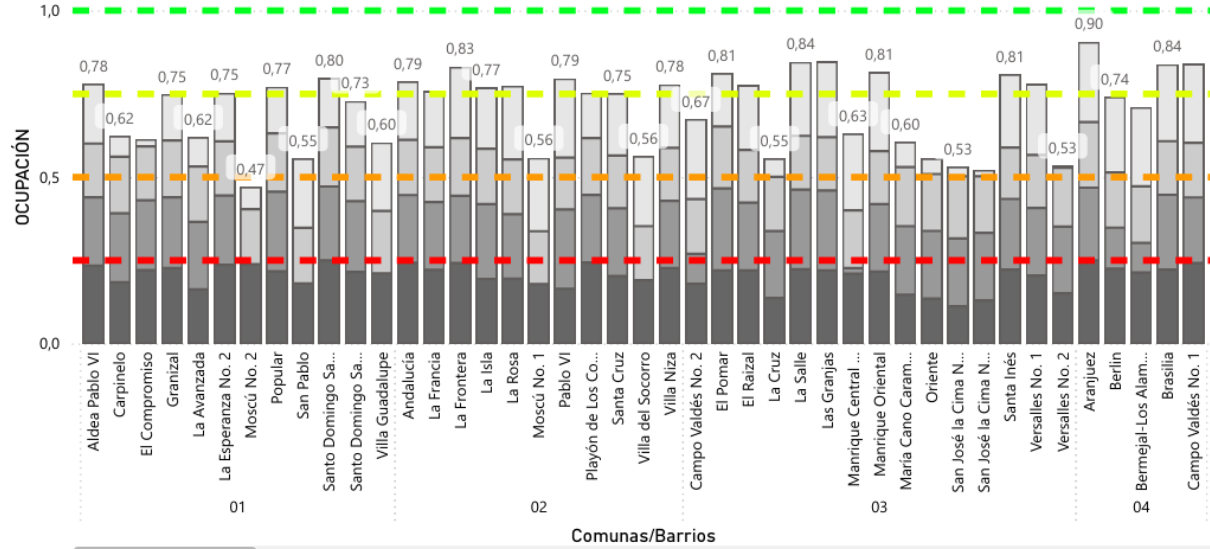
- Barrio
- Aldea Pablo VI
 - Alejandría
 - Alejandro Echavarría
 - Alfonso López
 - Altamira

Limpiar filtro

Comunas

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

● % Ocupación ● Compacidad C. ● % Vivienda ● % Riesgo total

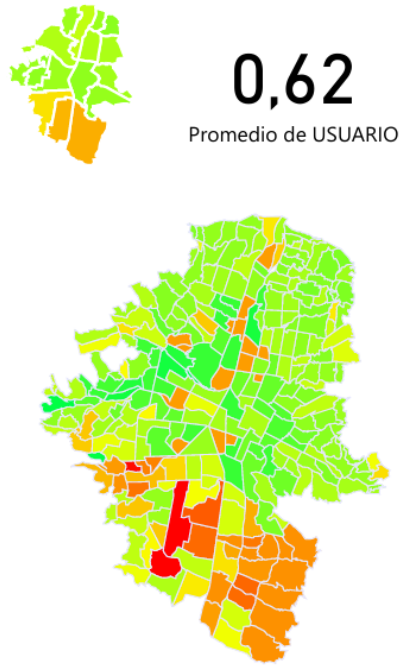


0,75 INFRAESTRUCTURA 0,62 USUARIO **0,70** OCUPACION 2,08 INDICADOR

Calificación

Alto	Bajo	Medio	Muy alto
------	------	-------	----------

Ilustración 64 – Índice Ocupación de ICEU

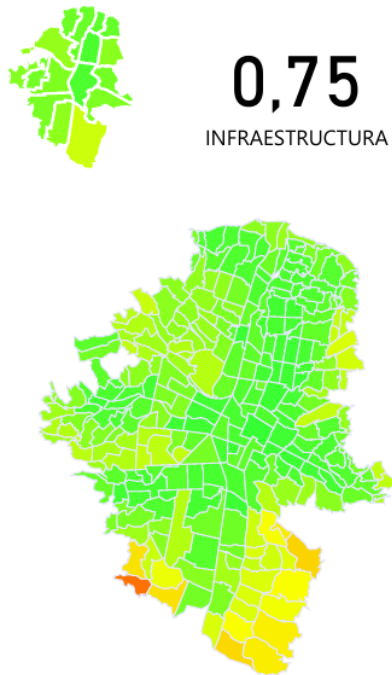


- Barrio
- Aldea Pablo VI
 - Alejandría
 - Alejandro Echavarría
 - Alfonso López
 - Altamira

Limpiar filtro



Ilustración 65 - Índice Usuario de ICEU



- Barrio
- Aldea Pablo VI
 - Alejandría
 - Alejandro Echavarría
 - Alfonso López
 - Altamira

Limpiar filtro

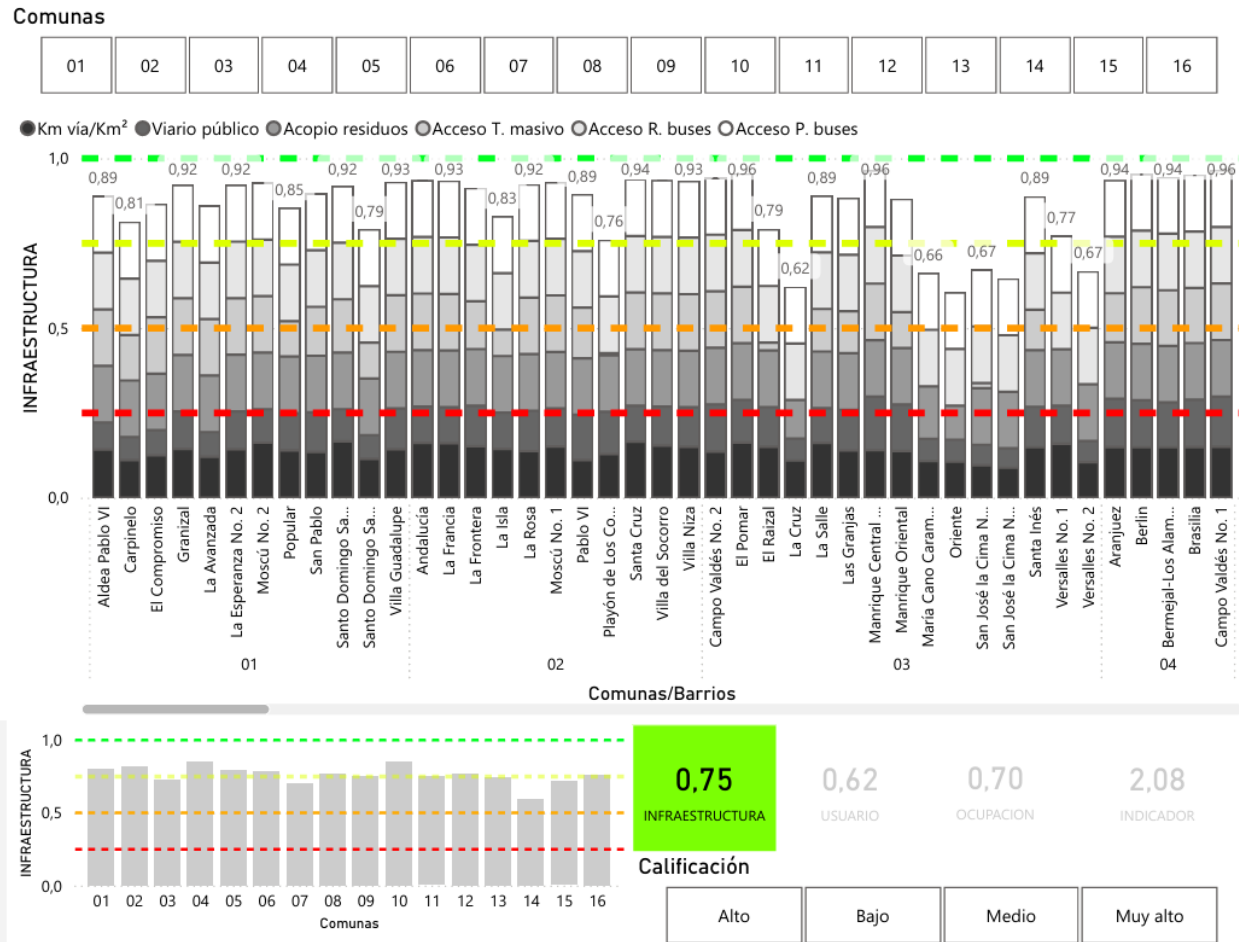


Ilustración 66 - Índice Infraestructura de ICEU

A partir de este grafico se podrán visualizar los comparativos. Iniciando con el gráfico comparativo del índice Infraestructura en el cual se evidencian las mayores variaciones en la accesibilidad al transporte masivo y el acceso a los centros de manejo de residuos (Ilustración 67).

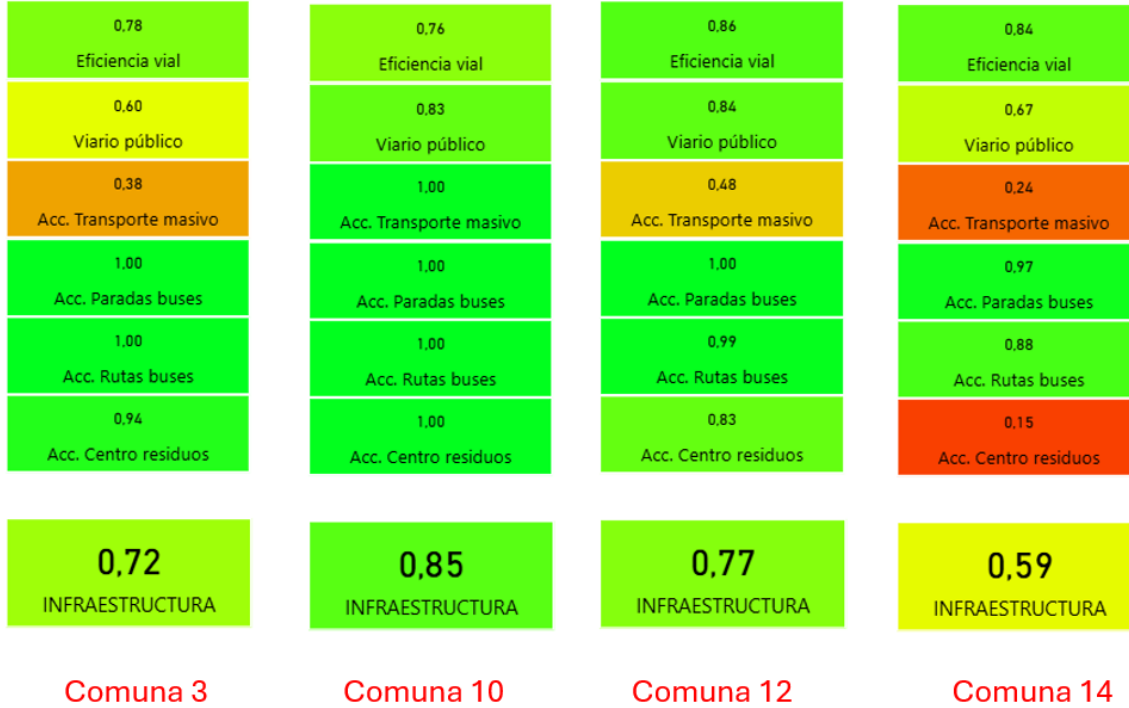


Ilustración 67 - Comparación Infraestructura comunas seleccionadas

Para el índice Ocupación los cambios o variaciones más notables son en términos de la Compacidad corregida en la cual la comuna 3 es la que tiene una mayor calificación, mientras que en el Riesgo total es la peor calificada; otro aspecto muy importante es el % de vivienda el cual cumple de mejor manera en la comuna 12 y así mismo el % de ocupación (Ilustración 68).



Ilustración 68 - Comparación Ocupación comunas seleccionadas

En cuanto al Usuario se evidencia las mayores alteraciones en la comuna 3 en zonas verdes, siguiendo la comuna 14 y luego la 12 en mala calificación, mientras que la comuna 10 apenas cumple con el umbral. El otro aspecto esencial que resalta es la densidad habitacional y poblacional arrojando como conclusión que el orden de clasificación del muestro de comunas es Comuna 10 – La Candelaria (1), Comuna 12 – La América (2), Comuna 3 – Manrique (3) y Comuna 14 – El Poblado (4) como se puede ver en Ilustración 69 e Ilustración 70.



Ilustración 69 - Comparación Usuario comunas seleccionadas

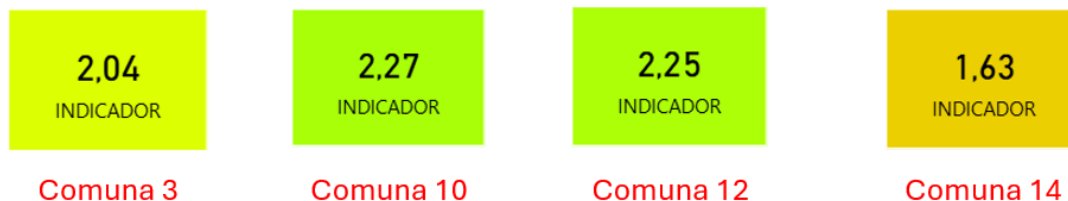
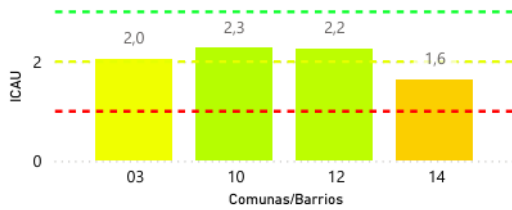
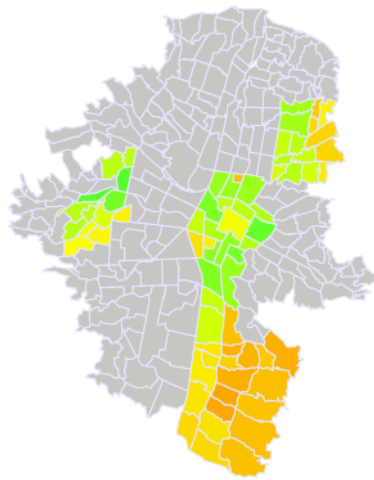


Ilustración 70 - Comparación ICEU comunas seleccionadas

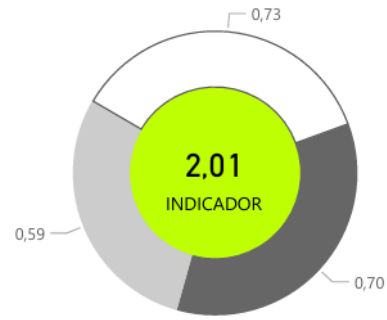
Para ahondar más en lo específico de cada índice que estructura el ICEU se podrán revisar las siguientes ilustraciones:



2,01
ICEU

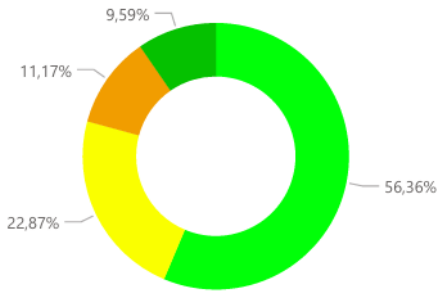


Comunas



● OCUPACION ● USUARIO ○ INFRAESTRUCTURA

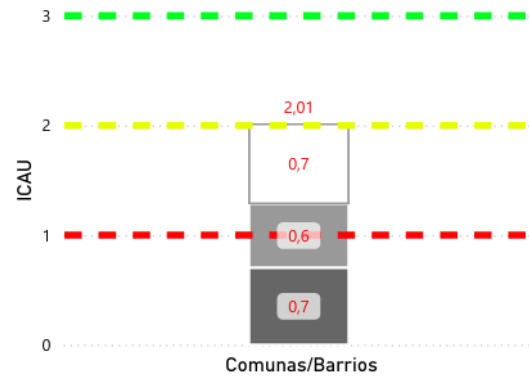
Población / ICEU



Calificación ● Alto ● Medio ● Bajo ● Muy alto

Índice	Valor 0 - 3	%
INFRAESTRUCTURA	0,91	30,28
OCUPACIÓN	0,96	32,11
USUARIO	1,13	37,61

● OCUPACION ● USUARIO ○ INFRAESTRUCTURA



Calificación



Ilustración 71 - Resultado general ICEU comunas seleccionadas 1

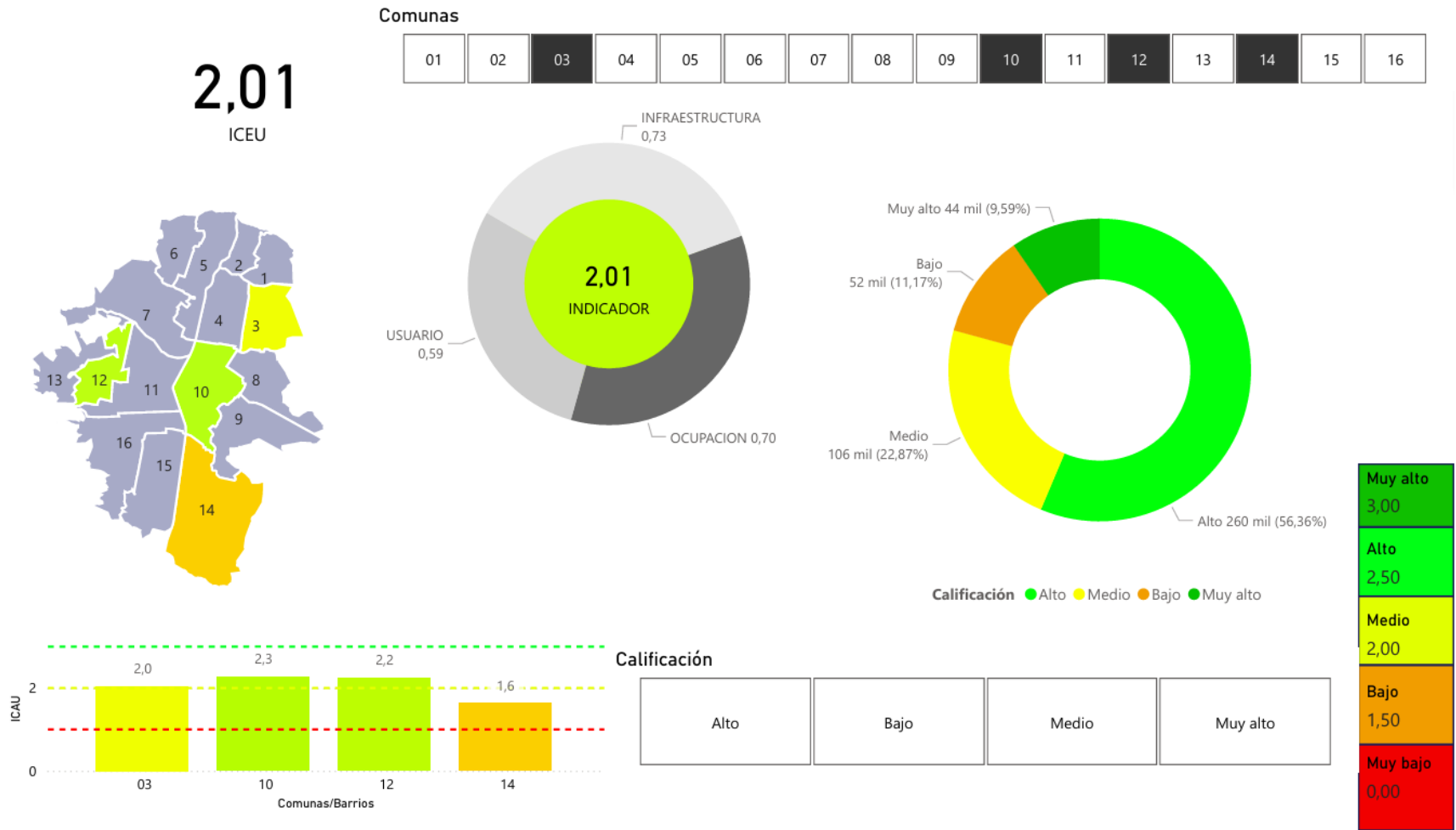


Ilustración 72 - Resultado general ICEU comunas seleccionadas 2

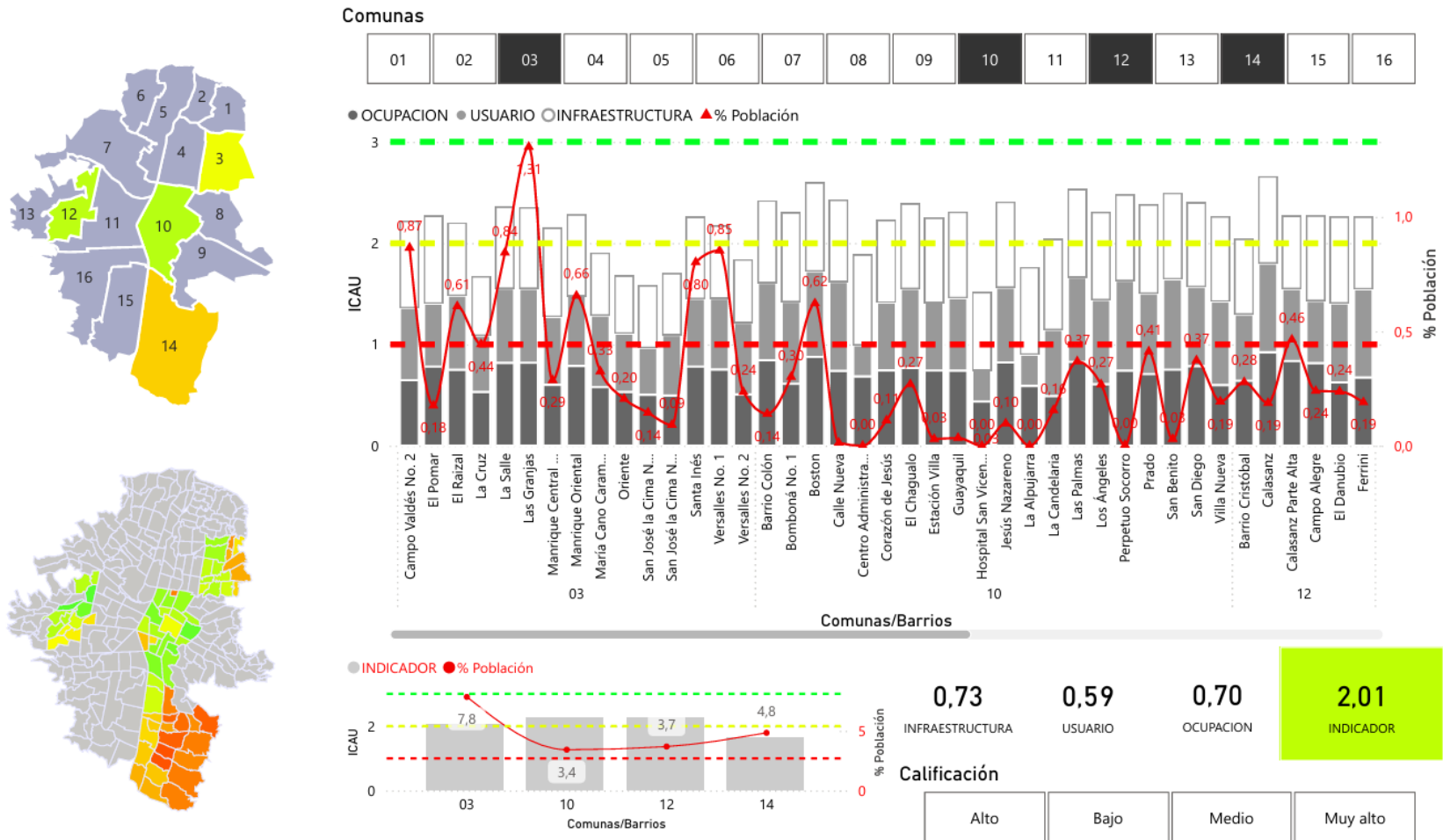


Ilustración 73 - Población e ICEU comunas seleccionadas



Ilustración 74 - Índices y subindicadores comunas seleccionadas

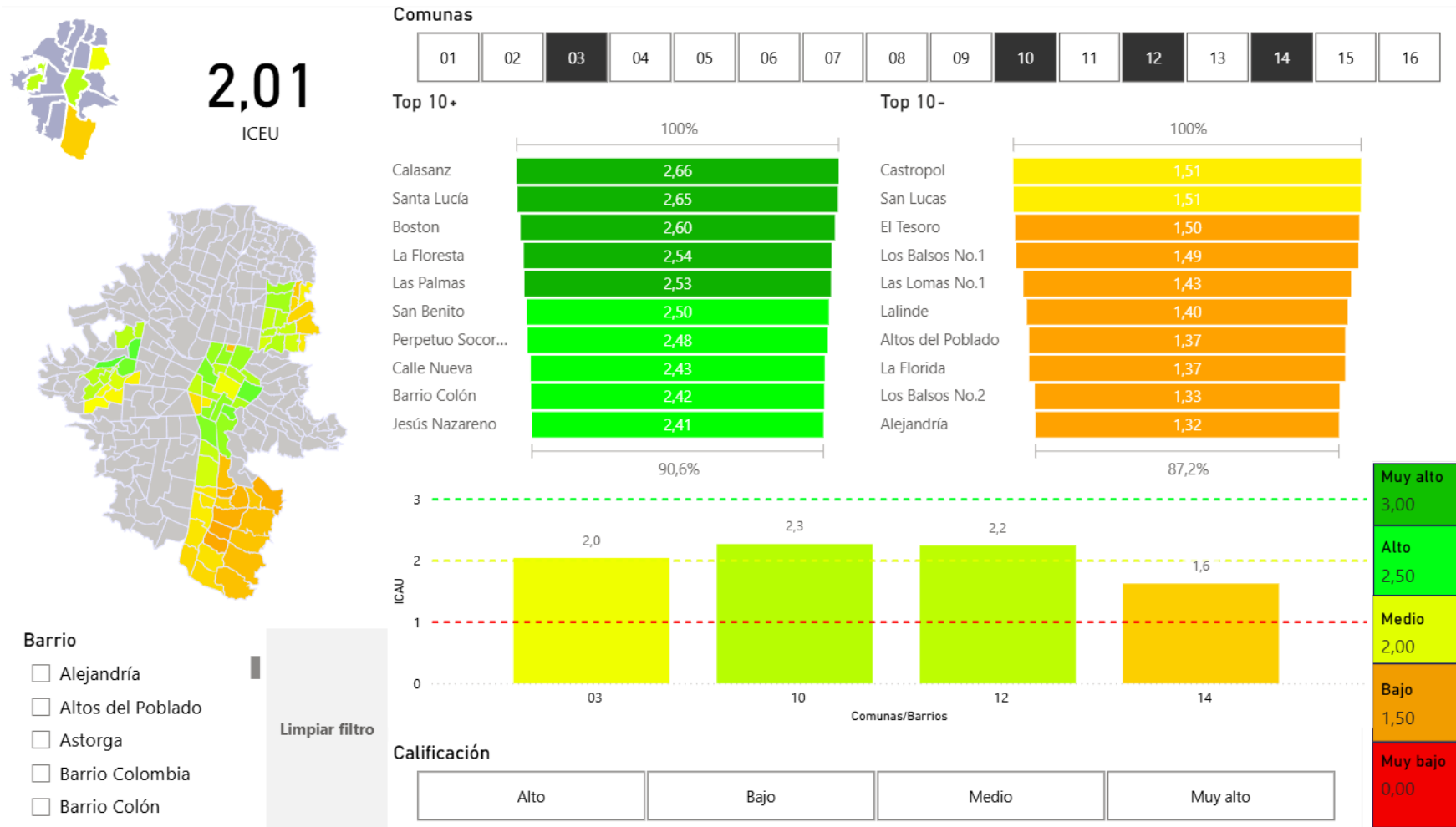


Ilustración 75 - Top 10+ y 10- comunas seleccionadas



Ilustración 76 - Estratificación e ICEU comunas seleccionadas

Capítulo 5 - Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

El desarrollo del Indicador de Calidad de Ecosistema Urbano (ICEU) confirmó que la medición de la sostenibilidad urbana es, a la vez, un ejercicio técnico y un proceso de interpretación territorial. Las lecturas sobre la ciudad no surgen únicamente de los modelos teóricos: dependen de la articulación entre bases de datos, registros institucionales y el criterio analítico que permite detectar vacíos, fragmentaciones o silencios estadísticos. En consecuencia, la gestión del conocimiento (su disponibilidad, calidad, trazabilidad y apertura) emerge como un componente estructural de la sostenibilidad, tan decisivo como la infraestructura, la movilidad o los ciclos de los recursos.

El proceso metodológico también evidenció la distancia entre lo que los marcos internacionales proponen medir y lo que Medellín está en capacidad real de registrar. El estudio partió de 192 indicadores potenciales y, tras la depuración y verificación, el conjunto viable se redujo a 14 debido, principalmente, a la insuficiencia de datos públicos, a la falta de desagregación territorial y a la discontinuidad en la actualización. Esta constatación reafirma que no existe sostenibilidad medible sin datos disponibles, y que los modelos de indicadores deben nacer de la realidad informacional del territorio, no de un ideal normativo.

La aplicación del ICEU permitió hacer visibles tensiones que los indicadores tradicionales suelen ocultar. La comparación entre comunas mostró que niveles altos de ingreso no implican necesariamente mejores condiciones ecosistémicas, cuestionando la suposición de que el bienestar económico y la sostenibilidad ambiental avanzan en paralelo. El contraste con la estratificación socioeconómica reforzó esta lectura: mientras en el estrato 6 una proporción significativa de la población obtiene calificación baja del ICEU, los estratos 1 y 2 presentan valores marginales en esa categoría, y, pese a ello, a nivel agregado predomina la calificación alta. Lejos de una anomalía, esto sugiere que la desigualdad ambiental no responde linealmente a la desigualdad económica y que los territorios con mayor capital monetario no siempre son los de mayor calidad ecosistémica.

El instrumento funcionó, por tanto, como doble dispositivo: evaluación y revelación. Por un lado, consolidó una lectura comparativa intraurbana que permite ubicar sinergias y tensiones (por ejemplo, accesibilidad frente a exposición a riesgos o déficit de zonas verdes); por otro, hizo explícito aquello que todavía no se está midiendo con suficiencia. Su aporte no es solo técnico, sino también epistemológico: obliga a reconocer que la

sostenibilidad urbana depende de la capacidad colectiva de producir datos pertinentes, interpretarlos con rigor y traducirlos en decisiones públicas y ciudadanas.

La validación con el panel de expertos aportó consistencia y legitimidad al ICEU: permitió ajustar ponderaciones de índices y subindicadores, revisar la escala de calificación y contrastar resultados, sin alterar la estructura fundamental del diagnóstico. Este ejercicio fortaleció el carácter replicable y discutible del indicador, dejando trazada una ruta de mejora continua basada en evidencia y deliberación técnica.

Finalmente, el ICEU debe entenderse como un punto de partida y un dispositivo abierto. Su potencia práctica crecerá en la medida en que se consoliden acuerdos de datos abiertos, protocolos de interoperabilidad y mecanismos de evaluación participativa. Si la ciudad quiere planearse de manera sostenible, primero debe volverse legible. La principal conclusión es, entonces, programática: avanzar en la sostenibilidad urbana supone, además de intervenir el territorio material, invertir sostenidamente en información pública de calidad, en capacidades de análisis y en instrumentos que traduzcan el conocimiento en acción.

5.2 Recomendaciones

En coherencia con los hallazgos y con la retroalimentación del panel de expertos, la primera recomendación es ampliar el marco de indicadores con un foco explícito en el usuario o habitante. Se sugiere incorporar métricas que capturen la experiencia cotidiana y las exposiciones directas, tales como confort térmico urbano (índice de calor, cobertura arbórea efectiva y presencia de sombra en recorridos peatonales), ruido ambiental en ejes viales y zonas residenciales, seguridad vial de peatones y ciclistas (frecuencia y severidad de siniestros), tiempos puerta a puerta hacia equipamientos esenciales (salud, educación, abastecimiento y cuidado), accesibilidad universal en el espacio público (pendientes, rampas y discontinuidades), exposición y percepción de calidad del aire en entornos de residencia y estudio, y disponibilidad, cercanía y mantenimiento de zonas verdes de uso efectivo. Este énfasis en el usuario permitirá traducir mejor el desempeño ecosistémico en condiciones tangibles de bienestar.

Para viabilizar esta ampliación, es necesario fortalecer la estrategia de datos y de estándares técnicos. Se recomienda suscribir acuerdos de interoperabilidad y apertura con actores claves (AMVA, DANE, Alcaldía de Medellín, EPM y Metro) que garanticen desagregaciones a escala barrial, periodicidad mínima anual y protocolos de aseguramiento de la calidad (QA/QC), versionado y trazabilidad. La geocodificación y anonimización, cuando sea pertinente, deben acompañarse de diccionarios de datos y metadatos públicos que faciliten la replicación, la auditoría por pares y la evaluación longitudinal. Sin una base informacional robusta, los nuevos indicadores centrados en el usuario podrían perder comparabilidad y utilidad.

Se recomienda igualmente consolidar una gobernanza de validación continua. Un comité técnico permanente (con participación de academia, sector público y ciudadanía experta) debería revisar periódicamente ponderaciones, actualizar definiciones operativas, monitorear sesgos y vacíos, e integrar conocimiento local a través de mesas barriales y JAL. Esta instancia asegura que el ICEU evolucione como un bien público discutible, transparente y perfectible, capaz de sostener consensos técnicos y sociales en el tiempo.

La implementación conviene asumirla de manera escalonada. En una primera etapa, se definirán los indicadores centrados en el usuario, se levantarán líneas base y se formalizarán los convenios de datos; posteriormente, se piloteará y calibrará el esquema en un conjunto diverso de comunas con mediciones de campo específicas (ruido, microclima y caminabilidad); con las lecciones aprendidas, se procederá a escalar progresivamente el marco al resto de la ciudad, acompañado de tableros públicos de seguimiento; y, finalmente, se consolidará un ciclo de monitoreo anual con auditoría técnica independiente y reportes comparables que documenten cambios y efectos de política.

En paralelo, es clave integrar el ICEU con los instrumentos de planificación (POT y planes sectoriales de movilidad, espacio público y clima) y con los mecanismos de priorización de inversiones, incluidos los presupuestos participativos. La toma de decisiones debe considerar no solo criterios socioeconómicos, sino también perfiles territoriales derivados del propio indicador, combinando niveles de desempeño con presiones de riesgo y oportunidades de mejora. Esta articulación facilitará orientar inversiones hacia intervenciones con beneficios ecosistémicos y sociales medibles.

Finalmente, se recomienda fortalecer la comunicación pública y la apropiación ciudadana mediante el desarrollo del aplicativo propuesto (por ejemplo, “Tu Ciudad”), que ofrezca tableros de lectura sencilla por barrio, alertas tempranas y guías de acción comunitaria. Este frente es determinante para cerrar la brecha entre conocimiento técnico y ciudadanía y para posibilitar prácticas de veeduría informada. Como línea de investigación futura, se sugiere explorar modelos de exposición diferencial (edad, género y ciclo de vida), estudiar la relación entre desigualdad ambiental y movilidad cotidiana, y evaluar intervenciones de microescala (sombra, pacificación vial y microparques) con métodos cuasiexperimentales que permitan estimar efectos causales sobre los resultados del ICEU.

Capítulo 6 - Anexos:

A3-Matriz de indicadores

B1-MODELO INICIAL

B2-RESULTADOS GENERALES

B3-RESULTADOS 3 10 12 14

C1-CARTA INVITACIÓN PANEL DE EXPERTOS

C2-PRESENTACIÓN PANEL DE EXPERTOS

**D1-FORMATO DE TRATAMIENTO DE DATOS PARA
PANEL DE EXPERTOS**

**D2-Formato de Autorización para el Tratamiento de Datos
Personales (respuestas) - Respuestas de formulario 1**

**E1-1. Panel de expertos - Ponderación individual
subindicadores**

E2-2. Panel de expertos - Ponderación individual índices

E3-3. Panel de expertos - Ponderación escala de medición

Bibliografía

- A. U., & Rueda, S. (2010). *Plan de Indicadores de Sostenibilidad Urbana de Vitoria-Gasteiz*. Vitoria-Gasteiz.
- Aguilera Rodríguez, A. R. (2021). La sostenibilidad urbana y el derecho a la ciudad: ¿nexo ineludible? *Palobra*, 186-204.
- Alcaldía de Medellín. (2016). *Índice de Condición Ambiental de Medellín*. Medellín.
- Alcaldía de Medellín. (2025). *Mapas Medellín*. Obtenido de Mapgis9: https://www.medellin.gov.co/mapgis9/mapa.jsp?aplicacion=1&css=css/app_mapas_medellin.css
- Alcaldía de Medellín. (2025). *MEData*. Obtenido de Estrategia de datos de Medellín: https://medata.gov.co/search/?publisher__name=Medellín%20en%20Cifras
- Alcaldía Mayor de Bogotá, & Secretaría Distrital del Hábitat. (2021). *Batería de indicadores sobre el sector de Hábitat en la ciudad de Bogotá*. Bogotá.
- AMVA. (s.f.). *Sistema de Alerta Temprana de Medellín y Valle de Aburrá*. Obtenido de SIATA: https://siata.gov.co/siata_nuevo/
- AMVA, & C. I. (2017). *Plan Integral de Gestión de la Calidad del Aire para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (PIGECA 2017-2030)*. Washington D. C.: AMVA.
- Aquae, F. (5 de octubre de 2020). *Fundación Aquae*. Obtenido de El hogar, nuestro hábitat máspreciado: <https://www.fundacionaquae.org/habitat-sostenible/#:~:text=Un%20hábitat%20sostenible%20es%20aquel,en%20un%20sentido%20de%20colectividad.>
- Asian Development Bank. (2001). *Urban Indicators for Managing Cities*. Manila, Philippines: Asian Development Bank.
- Burton, I. (1968). The quality of the environment: a review. *Geographical Review*, 472-481.
- CCH. (2017). *Portal Académico Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades*. Obtenido de Biomás: <https://e1.portalacademico.cch.unam.mx/alumno/biologia2/unidad2/estructuraEcosistema/biomas>
- D. N. (2022). *Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV)*. Bogotá D. C.: DANE.
- DANE. (2002). *Guía para Diseño, Construcción e Interpretación de Indicadores*. Bogotá D. C.: Dirección de Difusión, Mercadeo y Cultura Estadística.

- DANE. (20 de Abril de 2022). *DANE*. Obtenido de Encuesta de Calidad de Vida 2022: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/salud/calidad-de-vida-ecv/encuesta-nacional-de-calidad-de-vida-ecv-2022>
- DANE. (2025). *Geoportal DANE*. Obtenido de <https://geoportal.dane.gov.co/geovisores/#gsc.tab=0>
- de los Santos, D., & PNUD. (2022). Mapeando cuidados: herramientas innovadoras para la georreferenciación de oferta y demanda de cuidados en América Latina y el Caribe. *Notas sobre Política*.
- Departamento administrativo de planeación. (junio de 2022). *Alcaldía de Medellín, Banco de datos*. Obtenido de Proyecciones (Población, viviendas y hogares): <https://www.medellin.gov.co/es/centro-documental/proyecciones-poblacion-viviendas-y-hogares/>
- E. U. (2010). *Índice de Ciudades Verdes de América Latina*.
- Escudero de Fonseca, A. (2013). La sostenibilidad ambiental urbana en Barranquilla. Estudio de caso. En R. A. Vergara, & E. Zurek Varela, *Modelo para la gestión urbana sostenible* (págs. 35-57). Colombia: Universidad del Norte.
- Frede L., D., & Trujillo A., R. (1998). El ecosistema antropógeno urbano. *Universidad Eafit*, 61-68.
- GICAU. (2004). *Elementos para la medición de la calidad ambiental urbana. Proyecto determinación de la calidad ambiental del sector La Parroquia. Los Curos. Mérida, Estado Mérida, Mérida, Venezuela*. Mérida, Venezuela: Universidad de los Andes.
- González González, M. (Septiembre de 2002). La ciudad sostenible. Planificación y teoría de sistemas. *Boletín de la A.G.E.*(33), 93-102.
- Greenpeace. (2015). *Índice Greenpeace de Calidad Ambiental. Radiografía social del medio ambiente en España*.
- Guerrero, E. M., & Bustamante, B. (2018). Sistema de indicadores para la Planificación urbana-Ambiental de la ciudad de Paraná. *Delos Desarrollo local Sostenible*, 95-136.
- Hernández, K. B. (s.f.). Hacia un hábitat sostenible: apuntes para una reflexión conceptual sobre el hábitat.
- Higueras García, E. (2009). *El reto de la ciudad habitable y sostenible*. Pamplona: Publicaciones jurídicas.

- Jiménez García, W. (2013). Hábitat y vulnerabilidad, reflexiones desde lo conceptual. *Luna Azul*, 196-218.
- Jiménez, F. (2011). Crecimiento económico: enfoques y modelos. En F. Jiménez, *Crecimiento económico: enfoques y modelos* (págs. 13-15). Lima, Perú: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Klaus Bodemer, C., & J. I. Ziccardi, A. (1999). *Las políticas sociales urbanas a inicios del nuevo siglo. Documento base*. Montevideo: Intendencia Municipal de Montevideo. Comisión de las Comunidades Europeas.
- Labrada Téllez, Z. (2013). *Transformaciones de un asentamiento informal. Estudio de caso: Sosa Oeste*. Cuba.
- Larraín B., F., & Sachs, J. (2004). Macroeconomía en la economía global. En F. Larraín B., & J. D. Sachs, *Macroeconomía en la economía global* (págs. 87-88). Buenos Aires: Pearson Education.
- Lifeder. (1 de Noviembre de 2022). *Lifeder*. Obtenido de Escala local: <https://www.lifeder.com/escala-local/#:~:text=La%20escala%20local%20es%20>
- López Hernández, K. B. (s.f.). Hacia un hábitat sostenible: Apuntes para una reflexión conceptual sobre hábitat. 7.
- Max-Neef, M., Elizalde, A., & Hopenhayn, M. (2010). Desarrollo a escala humana, opciones para el futuro. En M. Max-Neef, A. Elizalde, & M. Hopenhayn, *Desarrollo a escala humana, opciones para el futuro* (págs. 15-21). Madrid: Biblioteca CF+S.
- Minambiente. (2015). *Informe Nacional de Calidad Ambiental Urbana. Áreas urbanas con población superior a 500.000 habitantes, 2013*. Bogotá D. C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Minambiente. (2016). *Índice de Calidad Ambiental Urbana*. Bogotá D. C.
- Minambiente. (2016). *Informe Nacional de Calidad Ambiental Urbana*. Bogotá D. C.: Minambiente.
- Minambiente y desarrollo sostenible. (2019). Voces sobre Ciudades Sostenibles y Resilientes. En E. Guerrero Forero (Ed.), *Voces sobre Ciudades Sostenibles y Resilientes* (págs. 140-145). Bogotá D.C.: Ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible.
- MinTic. (2024). *Datos Abiertos*. Obtenido de <https://www.datos.gov.co>

- Mundial, B. (9 de Junio de 2025). *Población rural (% de la población total) - Colombia*. Obtenido de Datos Banco Mundial: <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.RUR.TOTL.ZS?locations=CO>
- Nacif, N. (2016). Diseño de indicadores urbanos de sustentabilidad. El caso del gran San Juan en Argentina. *Urbano N°34*, 6-15.
- Naciones Unidas. (1996). *Informe de la conferencia de las Naciones Unidas sobre los asentamientos humanos (Habitat II)*. Estambul: Naciones Unidas.
- ONU. (1961). *Definición y medición internacional del nivel de vida - Guía provisional*. Nueva York: Naciones Unidas.
- ONU. (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el desarrollo*. Naciones Unidas.
- ONU. (1995). *Informe de la Comisión de Asentamientos Humanos sobre la aplicación de la Estrategia Mundial de la Vivienda hasta el año 2000*. Nueva York.
- ONU-Hábitat. (2013). *Guía para la elaboración de indicadores urbanos básicos. Programa Global de Indicadores Urbanos*.
- Polanco, C. (2006). Indicadores ambientales y modelos internacionales para toma de decisiones. *Gestión y ambiente*, 27-41.
- RAE. (28 de Marzo de 2024). *Real Academia Española*. Obtenido de Diccionario de la lengua española, 23.^a ed: <https://dle.rae.es/habitat?m=form>
- Restrepo Sánchez, J. A., & Arboleda Morales, L. (2020). *Medellín. Tres casos de estudio de sostenibilidad urbana a escala barrial*. Bogotá D. C.: Ediciones USTA.
- Rossi, A. (1982). *La arquitectura de la ciudad*. GG.
- Rueda-Palenzuela, S. (2019). El Urbanismo ecosistémico. *Ciudad y territorio, estudios territoriales*, LI(202), 723-752.
- Salas-Bourgoin, M. A. (Abril de 2012). Propuesta de Índice de Calidad de Vida en la Vivienda. *Cuadernos del Cendes*, 24(79).
- Sandoval, J. M., Liévano, J. P., & Minambiente y desarrollo sostenible. (2012). Agenda 21 Colombia, 20 años siguiendo la agenda 21. En *Agenda 21 Colombia, 20 años siguiendo la agenda 21* (págs. 15-16). Bogotá: Sandoval, José Manuel; Juan Pablo Liévano (Compiladores, editoriales).
- Semarnat, & INEGI. (2012). *Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sostenible. Indicadores de seguimiento. México 2012*.

- Torre Jofré, M. (2009). Índice de sostenibilidad urbana: una propuesta para la ciudad compleja. *Revista Digital Universitaria*.
- UNESCO. (1973). *Consejo Internacional de Coordinación del Programa sobre el Hombre y la Biosfera (MAB)*. París: UNESCO.
- United Nations, D. o. (2015). *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision*.
- Velázquez-Mar, A. C., & Salazar-Solano, V. (2019). Indicadores de calidad ambiental urbana: Una revisión. *Gestión y Ambiente* 22(2), 303-312.
- Viceministerio de ambiente. (2008). *Política de Gestión Ambiental Urbana*. Bogotá D. C.: Ministerio de ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Zall Kusek, J., Rist, R. C., & Banco Mundial. (2005). *Diez pasos hacia un sistema de seguimiento y evaluación basado en resultados*. Bogotá D. C., Colombia: Banco mundial, Mayol Ediciones S. A.