



# **Análisis multitemporal aplicando el Índice de Expansión Urbana y herramientas SIG en el municipio de Jamundí, Valle del Cauca**

Maylen Janery Arango Mestizo

Lina María Berdugo Martínez

Jenny Marcela Castellanos Castañeda

Jhon Alexis Franco Padilla

Juliana Del Mar Ortiz López

Tipo de documento para optar al título de Especialista en Sistemas de Información Geográfica

Asesor: Jiber Antonio Quintero Salazar, Magíster (MSc) en Planificación Urbana y Regional

Universidad de Manizales

Facultad de Ciencias e Ingeniería

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Manizales, Caldas, Colombia

2025

<b>Cita</b>	(Arango Mestizo et al., 2025)
<b>Referencia</b> Estilo APA 7 (2020)	Arango Mestizo, Berdugo Martínez, Castellanos Castañeda, Franco Padilla, Ortiz López, (2025). <i>Análisis multitemporal mediante la aplicación del Índice de Expansión Urbana y herramientas SIG en el municipio de Jamundí Valle del Cauca</i> [Trabajo de grado especialización]. Universidad de Manizales. RIDUM: Repositorio Institucional Universidad de Manizales.



Especialización en Sistemas de Información Geográfica - Virtual, II

Grupo de Investigación y Desarrollo en Informática y Telecomunicaciones

Línea de Investigación Análisis y Modelamiento Espacial.

Centro de Investigaciones en Medio Ambiente y Desarrollo - CIMAD.

**Declaración de inteligencia artificial:** el o los autores de este trabajo de grado declaran que han utilizado herramientas de inteligencia artificial (IA), tales como ChatGPT, Turnitin, Copilot, de manera ética y responsable, tal como se establece en el Acuerdo UManizales 002 (julio 26 de 2023) sobre propiedad intelectual e IA. Estas herramientas son empleadas como apoyo en la redacción, revisión gramatical y generación de ideas, pero en ningún caso sustituyen el análisis crítico, la argumentación académica ni la originalidad del trabajo. Asimismo, cualquier contenido generado con asistencia de IA está citado y referenciado adecuadamente, garantizando la integridad académica y el cumplimiento de los principios éticos de la investigación.

Biblioteca y Centro de Recursos: <https://biblioteca.umanizales.edu.co/>

Repositorio Institucional: <http://ridum.umanizales.edu.co/>

Universidad de Manizales: [www.umanizales.edu.co](http://www.umanizales.edu.co)

Revistas: <http://revistasum.umanizales.edu.co/>

Fondo Editorial: <https://editorialum.umanizales.edu.co/>

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Manizales ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

---

## Tabla de Contenido

1. Resumen .....	10
2. Abstract .....	11
3. Introducción.....	12
4. Planteamiento del problema .....	14
4.1. Antecedentes .....	16
1. Justificación.....	26
5. Objetivos .....	28
5.1. Objetivo general .....	28
5.2. Objetivos específicos.....	28
6. Hipótesis.....	29
6.1. Hipótesis de trabajo.....	29
6.1.1. Variables.....	29
7. Marco teórico .....	30
7.1. Análisis multitemporal .....	30
7.2. Expansión urbana.....	30
7.3. Índice de Expansión Urbana - Landscape Expansion Index (LEI) .....	30
7.4. Sistema de Información Geográfica (SIG): .....	31
7.5. Modelo de Datos Espaciales.....	31
7.6. Planeación Básico Ordenamiento Territorial (PBOT) .....	31
7.7. Uso de suelo .....	32
7.8. Imágenes de Satélite.....	32
8. Metodología.....	33

---

8.1. Enfoque metodológico: Mixto.....	33
8.2. Tipo de estudio.....	34
8.3. Definición del área de estudio.....	35
8.4. Fases metodológicas.....	37
8.4.1. Fase 1: Recopilar y sistematizar información relevante para el análisis de la expansión urbana en el Municipio de Jamundí, a partir de instrumentos de planeación, imágenes satelitales, información vectorial, así como estudios de transformación y usos del territorio.....	37
8.4.1.1. Información vectorial.....	37
8.4.1.2. Preprocesamiento de capas vectoriales.....	38
8.4.2. Fase 2: Análisis de los cambios en la cobertura y uso del suelo en Jamundí entre 2015 y 2024, utilizando herramientas SIG y el Índice de Expansión Urbana (LEI) para identificar patrones de crecimiento urbano.....	41
8.4.2.1. Preprocesamiento de las imágenes.....	42
8.4.2.2. Clasificación supervisada de imágenes satelitales.....	44
8.4.2.3. Aplicación del Índice de Expansión Urbana (LEI).....	46
8.4.2.4. Cálculo de indicadores de síntesis: MEI y AWMEI.....	49
8.4.3. Fase 3: Caracterización descriptiva de los impactos ambientales y socioeconómicos en el municipio de Jamundí debido a las dinámicas de expansión urbana.....	50
8.4.4. Fase 4: Visualizar y representar de manera gráfica la cuantificación de los resultados obtenidos en la identificación de las áreas de crecimiento urbano.....	54
9. Resultados.....	57
9.1. Recopilación y sistematización de la información.....	57
9.1.1. Información vectorial.....	57

---

9.1.2. Información satelital.....	58
9.2. Análisis multitemporal e índice de expansión urbana (LEI) .....	59
9.2.1. Resultados preliminares de la clasificación supervisada.....	59
9.2.2. Análisis multitemporal de cobertura y uso del suelo (2015–2024).....	61
9.2.3. Índice de Expansión Urbana (LEI).....	68
9.2.3.1. Tipo de crecimiento urbano 2015-2020 .....	68
9.2.3.2. Tipo de crecimiento urbano 2020 – 2024.....	71
9.2.3.3. Comparación del índice de expansión urbana en Jamundí entre los periodos 2015–2020 y 2020-2024.....	74
9.2.3.4. Evaluación del índice de expansión urbana mediante MEI y AWMEI.....	78
9.3. Caracterizar descriptivamente los impactos ambientales y socioeconómicos en el municipio de Jamundí debido a las dinámicas de expansión urbana.....	80
9.3.1. Estructura ecológica principal (EEP) .....	81
9.3.2. Diagnostico socioeconómico.....	87
9.4. Visualizar y representar de manera gráfica la cuantificación de los resultados obtenidos en la identificación de las áreas de crecimiento urbano.....	91
10. Discusión.....	97
10.1. Dinámica de expansión urbana.....	97
10.2. Implicaciones ambientales de la expansión urbana.....	99
10.3. Implicaciones socioeconómicas de la expansión urbana.....	102
11. Conclusiones .....	104
12. Recomendaciones.....	108
1. Referencias .....	110

---

13. Anexos.....114

---

### Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> Variables, tipo y dimensiones consideradas en la hipótesis de trabajo.....	29
<b>Tabla 2.</b> Capas vectoriales empleadas en el análisis de la expansión urbana en Jamundí. ....	38
<b>Tabla 3.</b> Imágenes satelitales Sentinel-2 seleccionadas para el análisis multitemporal del municipio de Jamundí. ....	40
<b>Tabla 4.</b> Pre procesamiento de imágenes Sentinel-2A L2A: combinación de bandas y recorte espacial en el área de estudio. ....	43
<b>Tabla 5.</b> Entrenamiento del modelo: Selección de las clases. ....	45
<b>Tabla 6.</b> Evolución del área urbana en el municipio de Jamundí (2015–2024). ....	66
<b>Tabla 7</b> Distribución del tipo de crecimiento urbano en el área urbana y suburbana de Jamundí (2015–2020). ....	69
<b>Tabla 8.</b> Distribución del tipo de crecimiento urbano en el área urbana y suburbana de Jamundí (2020–2024). ....	72
<b>Tabla 9.</b> Población censada, promedio de personas por hogar y proyecciones demográficas en Jamundí (2005, 2018, 2025 y 2035).....	88
<b>Tabla 10.</b> Coberturas de servicios domiciliarios en Jamundí (2005, 2018). ....	90

---

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Área objeto de estudio del Municipio de Jamundí.....	36
<b>Figura 2.</b> Flujograma del proceso metodológico para el análisis multitemporal y cálculo del Índice de Expansión Urbana (LEI).....	41
<b>Figura 3.</b> Distribución porcentual por clases para los años 2015, 2020 y 2024.....	46
<b>Figura 4.</b> Clasificación por categoría de los elementos que componen la estructura ecológica principal.....	50
<b>Figura 5.</b> Recopilación de información ambiental y territorial a través del visor Geográfico Avanzado GeoCVC. ....	53
<b>Figura 6.</b> Imágenes Sentinel-2 recortadas y preprocesadas para Jamundí (2015, 2020 y 2024)..	59
<b>Figura 7.</b> Clasificación supervisada de coberturas en Jamundí.....	60
<b>Figura 8.</b> Clasificación del consumo de suelo urbano en el área urbana y suburbana de Jamundí, año 2015. ....	62
<b>Figura 9.</b> Clasificación del consumo de suelo urbano en el área urbana y suburbana de Jamundí, año 2020. ....	63
<b>Figura 10.</b> Clasificación del consumo de suelo urbano en el municipio de Jamundí (área urbana y suburbana), año 2024. ....	65
<b>Figura 11.</b> Comparación multitemporal del crecimiento urbano en Jamundí (área urbana y suburbana), 2015–2024. ....	67
<b>Figura 12.</b> Distribución del número y área de parches por tipo de crecimiento urbano (2015–2020).....	70
<b>Figura 13.</b> Tipología del crecimiento urbano en Jamundí para el periodo 2015–2020.....	70
<b>Figura 14.</b> Distribución del número y área de parches por tipo de crecimiento urbano (2020–2024).....	73
<b>Figura 15.</b> Tipología del crecimiento urbano en Jamundí para el periodo 2020–2024.....	74
<b>Figura 16.</b> Comparación del área urbanizada por tipo de crecimiento urbano en Jamundí entre 2015–2020 y 2020–2024.....	75
<b>Figura 17.</b> Comparación del número de parches urbanos por tipo de crecimiento en Jamundí entre 2015–2020 y 2020–2024.....	77

---

<b>Figura 18.</b> Comparación del MEI y AWMEI en el área urbana y suburbana de Jamundí entre 2015–2020 y 2020–2024.....	79
<b>Figura 19.</b> Suelos de protección Municipio de Jamundí.....	81
<b>Figura 20.</b> Estructura ecológica principal. Sistema ambiental y territorial de soporte .....	85
<b>Figura 21.</b> Estructura ecológica principal. Ecosistemas estratégicos.....	87
<b>Figura 22.</b> Representación cartográfica de resultados a través de PDF vectoriales.....	92
<b>Figura 23.</b> Paquete de proyecto (ppkx) sobre el análisis de expansión urbana de Jamundí.....	94
<b>Figura 24.</b> Geodatabase file (GDB) del proyecto, estructurada temáticamente de los diagnósticos y análisis desarrollados en el estudio de expansión urbana del municipio de Jamundí. ....	95

---

## 1. Resumen

Identificar patrones de expansión urbana es fundamental para monitorear y evaluar los cambios que este fenómeno genera sobre el territorio, ya que tiene efectos directos en la estructura ecológica, el acceso a servicios y la calidad de vida de la población. En el caso de Jamundí, municipio del Valle del Cauca, en los últimos años ha experimentado un acelerado proceso de urbanización asociado a la conurbación con Cali, resulta prioritario comprender la manera en que se ha configurado su crecimiento espacial y temporal.

Para este propósito se emplearon imágenes satelitales Sentinel-2 correspondientes a los años 2015, 2020 y 2024, sobre las cuales se aplicaron procesos de clasificación supervisada y análisis multitemporal con apoyo de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Posteriormente se calculó el Índice de Expansión Urbana (LEI), complementado con los indicadores de síntesis MEI y AWMEI, lo que permitió clasificar patrones de crecimiento en tres tipologías: de relleno (infilling), de borde (edge-expansion) y periférico (outlying).

Los resultados muestran que entre 2015 y 2020 predominó un crecimiento de relleno, asociado a un patrón compacto, mientras que en el periodo 2020–2024 se presentó una dinámica periférica que generó un crecimiento disperso y fragmentado, en contravía de lo establecido en el PBOT. Este cambio de tendencia se relaciona con la presión inmobiliaria y la falta de implementación efectiva de instrumentos de planificación, lo cual ha intensificado las afectaciones ambientales, como la pérdida de coberturas y la presión sobre ecosistemas estratégicos, y ha ampliado las desigualdades en el acceso a servicios públicos.

**Palabras clave:** Expansión urbana, SIG, LEI, análisis multitemporal.

---

## 2. Abstract

Identifying urban expansion patterns is essential for monitoring and evaluating the changes this phenomenon generates in the territory, as it has direct effects on the ecological structure, access to services, and the population's quality of life. In the case of Jamundí, a municipality in Valle del Cauca, which has experienced an accelerated urbanization process in recent years associated with the conurbation with Cali, it is essential to understand how its spatial and temporal growth has been configured.

For this purpose, Sentinel-2 satellite images from 2015, 2020, and 2024 were used, to which supervised classification and multitemporal analysis were applied with the support of Geographic Information Systems (GIS). The Urban Expansion Index (LEI) was subsequently calculated, complemented by the MEI and AWMEI synthesis indicators, which allowed for the classification of growth patterns into three typologies: infilling, edge-expansion, and outlying.

The results show that between 2015 and 2020, infill growth predominated, associated with a compact pattern, while in the 2020–2024 period, a peripheral dynamic occurred that generated dispersed and fragmented growth, contrary to the provisions of the PBOT. This change in trend is related to real estate pressure and the lack of effective implementation of planning instruments, which has intensified environmental impacts, such as the loss of land cover and pressure on strategic ecosystems, and has widened inequalities in access to public services.

**Keywords:** Urban expansion, GIS, LEI, multitemporal analysis.

---

### 3. Introducción

En las últimas décadas, las ciudades colombianas han vivido un proceso de urbanización acelerado que ha transformado de manera significativa los usos del suelo y generado múltiples repercusiones sociales, ambientales y económicas. Este crecimiento, en muchos casos poco planificado, se ha evidenciado con mayor fuerza en municipios próximos a grandes centros urbanos. Tal es el caso de Jamundí, en el Valle del Cauca, donde la cercanía con Cali ha impulsado una expansión urbana ligada tanto a factores demográficos y económicos como a la presión del mercado inmobiliario y a dinámicas de conurbación.

A pesar de que existen instrumentos normativos como el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) que buscan orientar el crecimiento urbano de manera planificada y sostenible, en muchos casos su desactualización o falta de implementación efectiva ha permitido que el desarrollo urbano avance sobre zonas suburbanas, rurales o ambientalmente sensibles. Esta expansión no planificada puede generar pérdida de cobertura vegetal, fragmentación del paisaje, presión sobre la infraestructura pública y afectación de ecosistemas estratégicos, comprometiendo así la calidad de vida de la población y la sostenibilidad del territorio.

En este contexto, resulta fundamental analizar la dinámica de expansión urbana desde un enfoque técnico y basado en evidencia, que permita comprender los patrones de crecimiento espacial y su evolución temporal. El uso de herramientas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la teledetección satelital se ha consolidado como una estrategia eficaz para realizar este tipo de análisis. Particularmente, el Índice de Expansión Urbana (Landscape Expansion Index – LEI) constituye una herramienta sólida para diferenciar los patrones de urbanización, que pueden presentarse como crecimiento por relleno, expansión en el borde o de

---

tipo periférico. Gracias a esta clasificación es posible interpretar si la ciudad mantiene una tendencia concentrada o, por el contrario, avanza hacia un modelo disperso.

El presente estudio tiene como objetivo analizar los patrones de expansión urbana en el municipio de Jamundí entre los años 2015 y 2024, mediante un enfoque multitemporal basado en imágenes satelitales Sentinel-2 y el cálculo del índice LEI. Adicionalmente, se integran herramientas SIG para la representación espacial de los resultados y se consideran aspectos socioeconómicos y ambientales con el fin de contextualizar los impactos derivados de la expansión. La investigación busca no solo caracterizar los cambios en el territorio, sino también contribuir a la toma de decisiones informadas en materia de planificación urbana y gestión del suelo, especialmente en territorios que enfrentan una alta presión por urbanización y que requieren modelos de desarrollo sostenibles.

#### 4. Planteamiento del problema

El Departamento Nacional de Planeación (2017) define la expansión urbana como el incremento de la huella urbana derivado tanto del crecimiento poblacional como del mayor consumo de suelo por habitante. Este fenómeno puede ser planificado, cuando las áreas de expansión se integran con suficiente infraestructura y se preservan los suelos de valor ambiental; o desordenado, cuando predomina la urbanización informal y suburbana que aún caracteriza gran parte de las ciudades colombianas, pese a la existencia de regulaciones.

En el contexto regional, el DNP (2017) reporta que, de un total de 485 ciudades y áreas metropolitanas de América Latina y el Caribe con más de 100.000 habitantes en 2010, cerca de 69 experimentaban tasas de crecimiento cercanas al 3% anual en la década previa. De ellas, once correspondían a ciudades colombianas, lo cual refleja la magnitud y rapidez con la que este fenómeno se ha manifestado en el país.

A este escenario de crecimiento acelerado se suman los desafíos asociados al cumplimiento de los lineamientos del ordenamiento territorial, los cuales no siempre han sido respetados. Esta situación ha dado lugar a procesos de expansión urbana descontrolada, con consecuencias negativas en términos ambientales, sociales y económicos. Tal como lo señala la European Environment Agency (2006), el crecimiento de las ciudades requiere mayor infraestructura, mayor consumo energético y ocupación del suelo, hechos que afectan la calidad de vida de las personas y afectan el medio ambiente.

En consecuencia, y considerando las cifras del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), entre 2010 y 2022 la tasa media de crecimiento de la población urbana del país ha sido del 1,32%, donde ciertas ciudades y zonas metropolitanas de crecen a un ritmo más

acelerado. Según el DNP (2017) plantean que, con tasas de crecimiento como estas, varias de las ciudades triplicarían su población antes del 2045, incluyendo las tres ciudades más grandes del país, Bogotá, Medellín y Cali.

El crecimiento acelerado y descontrolado de las ciudades colombianas, y en muchos casos no planificado, se ha convertido en un fenómeno que ha venido generando conflictos y transformación en términos de planificación urbana, sostenibilidad, desigualdad, calidad de vida y desequilibrios a nivel local (asentamientos, contaminación, pérdida de áreas verdes, inseguridad, etc.). El municipio de Jamundí no es ajeno a esta problemática, que, debido a su ubicación geográfica y cercanía con la ciudad de Cali, ha venido siendo absorbido por la dinámica metropolitana de esta ciudad en los últimos años. Muestra de ello es la reciente declaración y aceptación por medio de consulta popular del 2024 de la nueva área metropolitana del Sur Occidente colombiano, que busca gestionar dinámicas territoriales comunes de manera conjunta, dinámicas que generan impactan en la economía, la planificación del territorio, la movilidad y el medio ambiente.

Es importante resaltar que el crecimiento de las ciudades entre otras cosas se debe a que las poblaciones buscan mejor calidad de vida, mejores oportunidades académicas y/o laborales, o desafortunadamente el desplazamiento forzado como consecuencia de la violencia, ha hecho que muchas personas salgan del campo a las ciudades, aportando un mayor crecimiento poblacional en las áreas urbanas y trayendo consigo la necesidad de generar modelos de expansión urbana que en muchas ocasiones es dispersa y desordenada (DNP, 2017).

Finalmente, conforme con Alcaldía de Jamundí (2020), la localización estratégica del municipio y la riqueza natural que lo caracteriza, con diversidad de especies, ecosistemas y recursos hídricos, contrastan con múltiples problemáticas ambientales asociadas a la falta de

---

planeación urbana. Entre ellas se destacan el deficiente manejo de residuos, el escaso control sobre la expansión de la ciudad, episodios de contaminación, limitaciones en la disponibilidad y calidad del agua potable, procesos de degradación y deforestación del suelo, así como dificultades en el tratamiento de aguas residuales.

A partir de esta situación surgen varios interrogantes de investigación: ¿de qué manera se han transformado las dinámicas del suelo en Jamundí durante la última década? ¿El crecimiento urbano reciente se ha ajustado a las disposiciones del Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT)? y finalmente, ¿qué efectos ambientales, sociales y económicos ha generado esta expansión en el municipio?

#### **4.1. Antecedentes**

La expansión urbana es un fenómeno que se presenta a nivel global, tiene relación con el rápido crecimiento demográfico y el crecimiento descontrolado de las ciudades. Este fenómeno puede generar importantes desafíos para las ciudades, como el desequilibrio en la oferta de bienes y servicios ambientales y una serie de impactos socioeconómicos en la población, entre los que se encuentran por ejemplo la segregación social, la degradación ambiental, los cambios en el estilo y formas de vida de las personas y la variación en los costos de la infraestructura. De acuerdo con Anzaldo (2017), las áreas urbanas son el principal lugar donde ocurre el desarrollo económico, demográfico, social y ambiental a nivel mundial y, la forma en cómo evolucione dicha dinámica durante las próximas décadas será crucial para definir la sustentabilidad de las formas de continuar habitando el planeta.

---

En cuanto al poblamiento urbano, el informe de Perspectivas de urbanización mundial presentado por las Naciones Unidas (2019), indica que desde el año 2018 más del 55% de la población mundial habita las zonas urbanas, en comparación con el 30% en el pasado año de 1950. Sumado a esto, las proyecciones de crecimiento indican que al 2050 la habitabilidad de las áreas urbanas aumentará en aproximadamente un 68%. El informe también destaca que el número de megaciudades, es decir, ciudades con más de 10 millones de habitantes, aumentó de 10 ciudades en el año 1990 a 28 ciudades en el año 2014, estimando también que para el año 2030, habrá al menos 41 ciudades con más de diez millones de habitantes; reflejando un crecimiento sustancial en el indicador de densidad poblacional para las áreas urbanas alrededor del mundo.

En línea con esto, Gutiérrez *et al.* (2022) definen que “la expansión urbana es un proceso dinámico que no se detiene desde el origen de las ciudades”, reflexionando igualmente en su estudio, en torno a los factores que influyen en la expansión urbana, entre los que destacan la importancia de realizar la revisión de metodologías e instrumentos de investigación, empleando instrumentos y herramientas de la teledetección y los SIG junto métodos estadísticos, para la evaluación cuantitativa en la identificación de usos de suelo. De manera complementaria, los autores recomiendan que determinar los cambios en la estructura urbana y los cambios de uso de suelo, destacan entre los métodos más empleados para evaluar las métricas del paisaje, estando apoyados con imágenes Landsat, para permitir permite la evaluación de morfología y la heterogeneidad urbana. También los autores emplean los SIG, para la exploración espaciotemporal en las dinámicas de los usos del suelo urbano y el mapeo de la cobertura de suelo urbanizada, donde estudian el modelo “CA-Markov” y autómatas celulares aportando a proyectar las dinámicas de la expansión urbana y el cambio en la cobertura del suelo.

---

En el contexto regional, según NU.CEPAL (2012) el proceso de urbanización en América Latina presenta una particularidad predominante que es de crecimiento "metropolizadora". Dicha dinámica se explica por las altas concentraciones en ciudades de gran tamaño, destacándose a nivel mundial por la conformación de megalópolis, conformadas por más de cinco millones de habitantes o más. A partir del año 2010, los autores reportan que la población de América Latina representaba el 8,6% del total mundial y al mismo tiempo representaba el 13,2% de la población urbana mundial. En línea con esto, Winchester (2006) señala que ante los desafíos que esto implica para el desarrollo de las ciudades, los países de la región se vieron obligados a implementar políticas de desarrollo urbano sostenible, debido a la intensa urbanización y las tensiones asociadas a aspectos socioeconómicos que esto ha provocado en las ciudades.

En el caso colombiano, el crecimiento urbano ha seguido un patrón acelerado y, en muchos casos, desordenado. En el suroccidente del país, especialmente en el Corredor Cali-Jamundí, Becerra Valencia (2014) evidenció que entre 2000 y 2013 la expansión urbana ocurrió sin una planificación adecuada, lo que provocó retrasos en infraestructura, fragmentación del territorio y dificultades en la garantía y cobertura para la prestación de servicios públicos domiciliarios. Además, la falta de articulación entre entidades públicas y privadas ha dificultado una gestión eficiente del crecimiento de las ciudades. La autora además resalta la necesidad de adoptar estrategias de planificación más estructuradas que permitan un desarrollo ordenado y sostenible, siendo esto especialmente relevante para el caso de Jamundí, en donde el rápido crecimiento urbano podría generar desafíos similares (a los mencionados previamente) si no se implementan medidas adecuadas.

En el estudio realizado por López Restrepo, D. (2021). Denominado "Expansión urbana en el municipio de Jamundí, camino al modelo de ciudad difusa y fragmentada", un estudio de

---

tipo descriptivo combinado con herramientas SIG, el autor logró determinar que entre los años 2000 – 2020 es evidente la transformación de la ciudad, pasando de un modelo de ciudad compacta, a un modelo de ciudad difusa, discontinua y dispersa, identificando el impacto que tiene el sector inmobiliario en este tipo de transformación del territorio.

En un análisis más reciente, Hernández *et al.* (2023) estudiaron la expansión urbana durante los últimos 15 años en Pasquilla, un corregimiento de la zona rural de Bogotá, evidenciando cómo la falta de planificación ha llevado a la conversión de suelos agrícolas en tierras pecuarias sin medidas de mitigación. Entre los resultados del estudio, los autores identificaron que esta transformación ha generado la degradación de ecosistemas estratégicos como el páramo y la pérdida de áreas de amortiguación. Además, identificaron conflictos en el uso del suelo, con tierras sobreexplotadas para actividades agropecuarias y zonas de protección subutilizadas. Los autores destacan igualmente la importancia de un ordenamiento territorial participativo, que involucre a las comunidades y tome en cuenta las dinámicas socioeconómicas y ambientales para garantizar un desarrollo sostenible.

Siguiendo esta misma línea, Poveda González (2015) estudió la expansión urbana en el municipio de La Calera, Cundinamarca, entre 1995 y 2014, a través de un análisis multitemporal con imágenes satelitales y herramientas SIG. Su investigación buscó comprender cómo los cambios en el uso del suelo han impactado la planificación territorial y les permitió identificar un crecimiento acelerado del área urbana que prácticamente se duplicó entre 1995 y 2005, impulsado por la falta de regulación en el uso del suelo. La experiencia del autor a su vez resalta la necesidad de una gestión más estructurada para un desarrollo urbano sostenible.

En el Caribe colombiano, el fenómeno de la expansión urbana también ha sido objeto de estudio, revelando patrones de crecimiento similares a los observados en otras regiones del país.

---

Barón Pertuz y Ruiz Moreno (2022) investigaron este proceso en los municipios de Fonseca y Barrancas, en el departamento de La Guajira, utilizando imágenes satelitales y herramientas SIG para analizar los cambios en la cobertura urbana entre 1985 y 2021. Sus hallazgos muestran un crecimiento significativo de las áreas urbanas, especialmente entre 1985 y 2000, estrechamente ligado al aumento de la población. Además, resaltaron que la actividad minera ha sido un factor clave en la expansión territorial y en la transformación del paisaje urbano de la región.

Bravo Riveros (2024) resalta la importancia de los modelos predictivos en SIG como una herramienta clave para la planificación territorial, como un instrumento a través del cual es posible anticipar cómo crecerán las ciudades y los impactos que este crecimiento podría tener en el territorio. Estas herramientas permiten proyectar escenarios futuros y diseñar estrategias para evitar los efectos negativos de una expansión desordenada, fomentando un uso más eficiente del suelo y protegiendo tanto el ambiente como el bienestar social. Con este enfoque, coinciden Linares, Iturrioz & Di Nucci, (2022); quienes consideran que cuantificar y analizar los cambios paisajísticos son importantes para evaluar las consecuencias ecológicas derivadas de los procesos de expansión que sufren las ciudades, planteando la aplicación de índices paisajísticos como el Landscape Expansion Index (LEI) junto a técnicas SIG, para conocer las dinámicas espaciales y temporales del suelo urbano en regiones de crecimiento acelerado.

Para Arango *et al.* (2016), realizar un análisis de expansión urbana permite evaluar la tasa de crecimiento de una ciudad considerando sus límites urbanos. En un estudio multitemporal (años 1989, 2002 y 2014) realizado en la ciudad de Popayán, a través del método de clasificación supervisada y no supervisada, los autores lograron caracterizar el área urbana de la zona de estudio y determinar las tasas de expansión, encontrando crecimiento hacia el sur oriente de la ciudad y asentamientos subnormales ubicados en torno a los cerros tutelares.

Un ejemplo claro del uso de estas herramientas es el estudio de Carvajal Aldás (2022), quien analizó la expansión urbana de la ciudad de Ambato entre 2004 y 2021, empleando imágenes satelitales, herramientas SIG y el Índice de Expansión Urbana (LEI). El autor logró evaluar cómo ha cambiado el territorio a lo largo de los años, revelando un crecimiento significativo medido desde 2,318.93 hectáreas urbanas en 2004 hasta 7,149.24 hectáreas en 2021, con una marcada expansión hacia las periferias. Dicha dinámica de crecimiento en Ambato a su vez transformó tierras agrícolas en suelo urbanizado y puso en evidencia la necesidad de identificar áreas con potencial para un crecimiento planificado, teniendo en cuenta factores como elevaciones del terreno, riesgos geológicos y accesibilidad. Este trabajo pone en evidencia cómo el LEI puede ser una herramienta clave para entender las dinámicas urbanas y guiar una planificación territorial más efectiva y sostenible.

Jiao, L *et al.* (2015), aplicaron el Índice de expansión del paisaje multiorden, entendido como una caracterización de la dinámica de la expansión urbana, en Wuhan una metrópolis del centro de China que es conocida por su rápido crecimiento urbano y desarrollo económico desde la década de 1990. La región de Wuhan abarca un área total de 3113.4 km<sup>2</sup>, que constituyó objeto de análisis del estudio para un periodo de 10 años, desde el año 2000 hasta 2010, empleando imágenes de satélite correspondientes a tres momentos específicos: 2000 (sensor Thematic Mapper (TM)), 2005 (sensor Enhanced Thematic Mapper (ETM+)) y 2010 (sensor ETM+). La metodología del estudio desarrolló y aplicó el índice mejorado "Multi-order Landscape Expansion Index" (MLEI), que integra información de datos multitemporales para caracterizar las dinámicas de expansión urbana y permite analizar el crecimiento de nuevos parches urbanos en relación con los existentes. Las imágenes satelitales fueron procesadas y clasificadas mediante técnicas supervisadas en ArcGIS, empleando umbrales y distancias buffer

---

para calcular los valores de MLEI y distinguir entre distintos tipos de crecimiento (relleno, expansión en el borde y expansión periférica). Como resultado se evidenció que la metrópolis de Wuhan experimentó un crecimiento urbano acelerado entre 2000 y 2010, con un aumento del área urbana de 403.6 km<sup>2</sup> a 824.7 km<sup>2</sup>. También identificaron clusters urbanos periféricos que muestran patrones de crecimiento expansivo, especialmente en áreas planificadas como futuros centros satélite y adicionalmente el MLEI demostró ser más eficaz que el índice tradicional LEI para detectar estructuras complejas de expansión como clusters urbanos periféricos.

Diaz Caravantes, R., L. *et al.* (2014) analizaron la interacción geoespacial entre el uso del suelo y el agua en un área periurbana de Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua en México. Esta ciudad es conocida por su importante actividad agroindustrial y está localizada en el centro del estado de Chihuahua y abarca una superficie urbanizada de aproximadamente 27 km<sup>2</sup>. El análisis cubrió un periodo de 17 años, desde 1993 hasta 2010, empleando una combinación de métodos de percepción remota, modelación geográfica y análisis estadístico, divididos en tres fases principales: (1) Delimitación del área peri-urbana, aquellas zonas con comportamientos similares del nivel estático del acuífero, integrando datos de 1973, 1991 y 2000; (2) Análisis de cambios de uso y coberturas del suelo mediante imágenes satelitales Landsat (Paths 32 y 33, Row 40) clasificadas, utilizando el algoritmo de Máxima Verosimilitud y corroboradas mediante validación en campo y por último (3) Identificación de zonas de presión por extracción de agua subterránea, empleando el método de densidad Kernel para analizar datos del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA, 2009).

Dicha metodología (descrita por Diaz Caravantes, R., L. *et al.*, 2014) les permitió identificar cambios en el uso del suelo entre 1993 y 2010, observando un incremento en la superficie urbana de 1,729 ha a 2,454 ha, además de una disminución significativa de áreas

dedicadas a la agricultura de 6,080 ha a 2,814 ha anuales, siendo reemplazadas en gran parte por coberturas de pastizales. Los autores igualmente identificaron zonas de alta presión hacia el centro del área peri-urbana, donde la extracción de agua subterránea alcanzó 21.33 hm<sup>3</sup>/año, principalmente destinada a usos urbanos (56%) y agrícolas (40%). El estudio finalmente resalta la complejidad de las interacciones entre el uso de suelo y el agua en las áreas peri-urbanas y concluye que la transferencia de agua para usos urbanos afecta significativamente las dinámicas agrícolas, provocando el abandono de cultivos menos rentables. Además, subraya la importancia de considerar tanto el suelo como el agua en la planificación urbana integral, especialmente en regiones áridas como el norte de México.

J. Liu *et al.* (2022) analizó la heterogeneidad de los patrones de expansión urbana en el paisaje basado en una metodología combinando el índice de adyacencia multiorden y un modelo geodetector en la cuenca Dianchi Lake, ubicada en la provincia de Yunnan en China. El área geográfica en donde se encuentra esta cuenca, es una de las regiones más desarrolladas económica y urbanísticamente de la provincia, con importantes transformaciones de uso del suelo y problemas ambientales debido al crecimiento urbano. El análisis comprende un periodo entre 1988 y 2016, con datos multitemporales de siete periodos específicos: 1988–1991; 1991–1996; 1996–2000; 2000–2006; 2006–2009; 2009–2013 y 2013–2016. La metodología aplicada empleó el Índice de Adyacencia Multiorden (MAI), para caracterizar la expansión urbana a nivel macro y micro, utilizando datos raster y análisis de buffers, permitiendo identificar los patrones de expansión (infill, fringe, proximity, alternate, separate y sprawl) basados en la relación espacial entre nuevas y antiguas áreas urbanizadas. Para precisar conceptos, el modelo estadístico Geodetector permite detectar la heterogeneidad espacial de los patrones de expansión urbana y analizar los factores impulsores naturales y socioeconómicos a través del análisis de

---

factores como la pendiente, altitud, distancia a ríos, cercanía a carreteras, PIB, población y otros indicadores económicos. El estudio obtuvo como principal resultado que la expansión urbana en el área de estudio fue más intensa entre 2006 y 2009, alcanzando el valor más alto de MAI promedio e identificando que los tipos de expansión predominantes fueron fringe y proximity. Finalmente, los autores identificaron que los factores socioeconómicos como el PIB y la población fueron los principales impulsores de la heterogeneidad de la expansión, con un impacto más significativo que los factores naturales.

Humacata (2019) llevó a cabo una investigación sobre los cambios de uso del suelo en tres partidos de la Región Metropolitana de Buenos Aires (General Rodríguez, Luján y Moreno), durante el periodo 2000–2010. El estudio empleó Sistemas de Información Geográfica para analizar la ocupación del territorio mediante superposición de capas y utilizó imágenes Landsat 5 (sensor TM) correspondientes a los meses de diciembre y enero. Para la construcción de la cartografía fue necesario aplicar un preprocesamiento orientado a eliminar nubosidad, seguido de un análisis visual que permitió identificar las coberturas existentes y definir las categorías de estudio. Posteriormente, a través del procesamiento digital se delimitaron las áreas de interés y se desarrolló una clasificación supervisada; finalmente, un posprocesamiento de imágenes permitió obtener los mapas definitivos y cuantificar las pérdidas y ganancias entre las distintas clases de uso del suelo. La detección de cambios se estandarizó utilizando el módulo *Land Change Modeler for Ecological Sustainability*, disponible en el software IDRISI, el cual facilitó tanto la representación cartográfica como la obtención de resultados numéricos útiles para interpretar la dinámica de conversión de coberturas, con énfasis en su relación con la conservación de la biodiversidad.

De manera conjunta, se resalta la utilidad de las imágenes satelitales y de las herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para orientar una planificación adecuada del suelo en ciudades en proceso de expansión. Este tipo de estudios adquiere particular importancia en territorios como Jamundí, donde el crecimiento urbano rápido y poco planificado genera fuertes presiones sobre el ambiente y repercute directamente en la calidad de vida de la población.

---

## 5. Justificación

La expansión de las ciudades constituye hoy una de las problemáticas más significativas, impulsada en parte por políticas públicas orientadas a la promoción de vivienda propia, muchas veces con un trasfondo inmobiliario. Estas medidas han favorecido la conformación de complejos residenciales que generan incremento poblacional y transformaciones en la estructura territorial, con tendencias hacia un crecimiento urbano disperso y fragmentado. Esta situación se observa en diferentes países, donde la descentralización de los centros urbanos tradicionales ha dado paso a nuevas áreas de expansión con dinámicas discontinuas. En el caso colombiano, el fenómeno también ha sido evidente: mientras en 1951 solo seis ciudades superaban los 100.000 habitantes, hoy la cifra asciende a 63. A su vez, la población urbana pasó de representar el 40% en 1951 al 78% en 2010, y se proyecta que podría alcanzar el 86% en 2050 (DNP, 2017).

El proceso de urbanización trae consigo transformaciones en los modos de vida y en las dinámicas de consumo de la población, pues la descentralización de las áreas tradicionales abre espacio a nuevos usos del suelo y a actividades económicas vinculadas a las expansiones. En Jamundí, Valle del Cauca, esta situación se refleja claramente: de acuerdo con el censo del DANE de 2020, el municipio contaba con 55.232 viviendas, y la misma entidad, mediante la proyección VIHOPE, estima que en 2024 la cifra ascenderá a 68.100 predios, lo que representa un incremento cercano al 23%. Sin embargo, este crecimiento inmobiliario se desarrolla bajo un marco normativo desactualizado, ya que el PBOT vigente data de 2002, lo que pone en evidencia limitaciones en materia de planificación y ordenamiento territorial.

---

Frente a este contexto, se plantea la necesidad de evaluar el crecimiento urbano de Jamundí mediante la utilización del Índice de Expansión Urbana (Landscape Expansion Index – LEI). Esta herramienta permitirá identificar con mayor claridad los patrones de expansión y generar información objetiva que sirva de sustento en la formulación de planes de ordenamiento territorial, fortaleciendo los procesos de toma de decisiones.

El crecimiento urbano conlleva transformaciones en los modos de vida y en los hábitos de consumo de la población, pues la descentralización de las áreas tradicionales abre paso a nuevos usos del suelo y a actividades económicas vinculadas a las expansiones. Jamundí, en el Valle del Cauca, refleja con claridad esta dinámica: de acuerdo con el censo del DANE (2020), el municipio registraba 55.232 viviendas, y según las proyecciones VIHOPE, para 2024 la cifra podría alcanzar las 68.100 unidades prediales, lo que representa un incremento cercano al 23%. Sin embargo, este crecimiento inmobiliario se da en un contexto institucional rezagado, ya que el PBOT vigente corresponde al año 2002, lo cual evidencia limitaciones significativas en la gestión del desarrollo y la planificación territorial.

En este contexto, se plantea evaluar el crecimiento urbano de Jamundí a través del Índice de Expansión Urbana (Landscape Expansion Index – LEI). Esta herramienta permite reconocer con mayor precisión los patrones de expansión y generar información objetiva que respalde la formulación de planes de ordenamiento territorial, aportando bases sólidas para la toma de decisiones.

---

## 6. Objetivos

### 6.1. Objetivo general

Analizar los patrones de expansión urbana en el municipio de Jamundí a través de un estudio multitemporal mediante la aplicación del Índice de Expansión Urbana (LEI), para identificar tipos de crecimiento y su impacto en la dinámica territorial.

### 6.2. Objetivos específicos

- Recopilar y sistematizar información relevante para el análisis de la expansión urbana en el Municipio de Jamundí, a partir de instrumentos de planeación, imágenes satelitales, información vectorial, así como estudios de transformación y usos del territorio.
- Analizar los cambios en la cobertura y uso del suelo en Jamundí entre 2015 y 2024, utilizando herramientas SIG y el Índice de Expansión Urbana (LEI) para identificar patrones de crecimiento urbano.
- Caracterizar descriptivamente los impactos ambientales y socioeconómicos en el municipio de Jamundí asociados a las dinámicas de expansión urbana.
- Visualizar y representar de manera gráfica la cuantificación de los resultados obtenidos en la identificación de las áreas de crecimiento urbano.

## 7. Hipótesis

### 7.1. Hipótesis de trabajo

El crecimiento urbano acelerado en Jamundí entre 2015 y 2024 ha generado una transición del patrón compacto (infilling) hacia un patrón periférico (outlying), como consecuencia del aumento de proyectos inmobiliarios en áreas suburbanas, lo cual evidencia un posible incumplimiento de los lineamientos del PBOT/POT y un mayor riesgo de afectación ambiental.

#### 7.1.1. Variables.

##### Tabla 1.

*Variables, tipo y dimensiones consideradas en la hipótesis de trabajo.*

Variable	Tipo	Dimensión / Indicador
Patrón de expansión urbana	Dependiente	Tipo de crecimiento (infilling, edge-expansion, outlying), medido con LEI
Año / periodo temporal	Independiente	2015, 2020, 2024
Proyectos inmobiliarios	Independiente	Número de licencias de urbanismo y construcción emitidas por periodo
Cumplimiento normativo (PBOT)	Condicionante	Comparación entre zonas urbanizadas y zonificación permitida según POT
Afectación ambiental	Dependiente	Fragmentación del paisaje, pérdida de cobertura vegetal, distancia a cuerpos de agua

---

## 8. Marco teórico

### 8.1. Análisis multitemporal

Un análisis multitemporal permite determinar las dinámicas del territorio, lo que permite realizar una adecuada planificación urbana, mitigar impactos ambientales, realizar análisis de expansión urbana y demás. Este tipo de análisis estudios son de tipo espacial, y se llevan a cabo mediante el uso de imágenes con fechas de toma diferentes para poder estimar y visualizar cambios (Torres, 2021).

### 8.2. Expansión urbana

El concepto de expansión urbana alude al crecimiento de la ciudad por fuera de sus límites originales. Cuando este fenómeno no se gestiona de manera adecuada, puede derivar en la reducción de áreas naturales, incremento de la contaminación y dificultades sociales, entre ellas el acceso limitado a servicios básicos (Bazant, 2011). En el caso de Jamundí, esta dinámica se ha manifestado en un crecimiento acelerado y poco planificado, con repercusiones tanto sobre el ambiente como sobre la calidad de vida de la población.

### 8.3. Índice de Expansión Urbana - Landscape Expansion Index (LEI)

El Índice de Expansión Urbana, conocido como Landscape Expansion Index (LEI), es una herramienta diseñada para analizar la dinámica espacio-temporal del crecimiento urbano. A partir de este indicador es posible clasificar el proceso de urbanización en tres modalidades: crecimiento por relleno (*infilling*), expansión en el borde (*edge-expansion*) y crecimiento periférico (*outlying*), que reflejan la transición desde formas más compactas hasta patrones más dispersos (Linares, 2019).

---

#### **8.4. Sistema de Información Geográfica (SIG):**

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen una herramienta fundamental para la planificación y el ordenamiento del territorio, ya que permiten captar, almacenar y analizar información espacial (Flórez Delgado & Fernández, 2017). En este estudio resultan especialmente útiles para visualizar los cambios que ha experimentado el paisaje urbano de Jamundí en la última década, no solo mediante la elaboración de mapas que muestran la expansión, sino también a través de la comparación de las transformaciones en el uso del suelo a lo largo del tiempo.

#### **8.5. Modelo de Datos Espaciales**

Los modelos de datos espaciales constituyen un recurso esencial en el análisis geográfico, pues permiten organizar y representar información georreferenciada de manera estructurada, facilitando así la interpretación de fenómenos territoriales en áreas específicas. Su aplicación resulta especialmente útil en estudios de planificación y ordenamiento, dado que hacen posible observar cómo cambian los usos del suelo en distintos periodos de tiempo (Vitturini, Fillottrani, & Castro, 2003).

#### **8.6. Planeación Básico Ordenamiento Territorial (PBOT)**

El Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) constituye el principal instrumento de gestión encargado de orientar el uso del suelo, estableciendo zonas destinadas a la expansión urbana, la protección ambiental y el desarrollo de infraestructuras. En el caso de Jamundí, este plan busca conducir el crecimiento de la ciudad bajo criterios de orden y sostenibilidad. No obstante, en la práctica la dinámica de urbanización ha sobrepasado las disposiciones del PBOT, generando procesos desorganizados que plantean múltiples desafíos para la gestión territorial.

---

### **8.7. Uso de suelo**

El Ministerio de Vivienda establece que el uso del suelo corresponde a la destinación que se asigna en el Plan de Ordenamiento Territorial o en los instrumentos que lo desarrollen, de acuerdo con las actividades permitidas en cada área. Dichos usos pueden clasificarse como principales, compatibles, complementarios, restringidos o prohibidos; y, en ausencia de una definición explícita, se entenderá que el uso no permitido corresponde a la categoría de prohibido.

### **8.8. Imágenes de Satélite**

Las imágenes de satélite se generan a partir de sensores capaces de registrar información en distintas longitudes de onda, lo que facilita la interpretación de rasgos geográficos y ambientales. Según la Nueva Escuela Mexicana (2025), este tipo de insumos puede clasificarse en ópticos, infrarrojos o de radar, y resultan esenciales para múltiples campos de aplicación. Entre los usos más habituales destacan el seguimiento de fenómenos ambientales, la gestión de recursos naturales y la planificación territorial.

---

## 9. Metodología

La fase metodológica para llevar a cabo el cumplimiento de los objetivos se define preliminarmente a continuación:

### 9.1. Enfoque metodológico: Mixto

A partir de los lineamientos que orientan esta investigación, se definió que el enfoque mixto resulta el más pertinente para su desarrollo. Este, según Hernández, Fernández y Baptista (2014), combina procedimientos de recolección, análisis e integración de información cuantitativa y cualitativa dentro de un mismo estudio, o en una secuencia de investigaciones, con el fin de dar respuesta al problema planteado.

En ese sentido, la selección de este método se fundamenta en los componentes que se definieron en el diseño de la fase metodológica para garantizar el cumplimiento de los propósitos del estudio. Estos componentes comprenden la recolección de información secundaria y geoespacial tanto cualitativa como cuantitativa, mediante los cuales se realizan geoprocesamientos y análisis que se integran para mayor comprensión de los datos y los resultados obtenidos.

El municipio de Jamundí, objeto de estudio de esta investigación, ha experimentado un acelerado proceso de expansión urbana durante la última década. Para analizar este fenómeno, se llevarán a cabo estudios multitemporales de coberturas, que permitirán obtener datos cuantitativos en área (ha), detallando la evolución de sus principales estructuras, como el tejido urbano, los bosques, las áreas seminaturales y los territorios agrícolas. Sin embargo, los

---

resultados obtenidos mediante geoprocesamiento no son suficientes si no se analizan, pero además requieren la complementariedad que permita interpretar los datos a la luz de factores socioeconómicos, de desarrollo urbano y ambiental, para entender los impactos que se generan en la planificación territorial y tomar decisiones fundamentadas para un desarrollo sostenible.

## **9.2. Tipo de estudio**

El estudio adopta un alcance correlacional, teniendo en cuenta que el objetivo principal de este es examinar la relación o grado de asociación entre dos o más conceptos, categorías o variables dentro de un contexto específico. Esto implica secuencialmente la medición de cada una de las variables, seguidamente de su cuantificación, análisis y el establecimiento de vínculos, permitiendo así una interpretación más amplia y profunda del fenómeno.

En el contexto de esta investigación, la selección de este tipo de alcance se puede explicar mediante la identificación de los componentes gruesos que pretende abordar, los cuales son el análisis en la relación entre el crecimiento urbano y el cumplimiento del PBOT; la identificación de patrones de crecimiento urbano y su evolución multitemporal; los análisis de cambios en el uso del suelo por la expansión urbana y los impactos en factores socioeconómicos, ambientales y la planificación territorial.

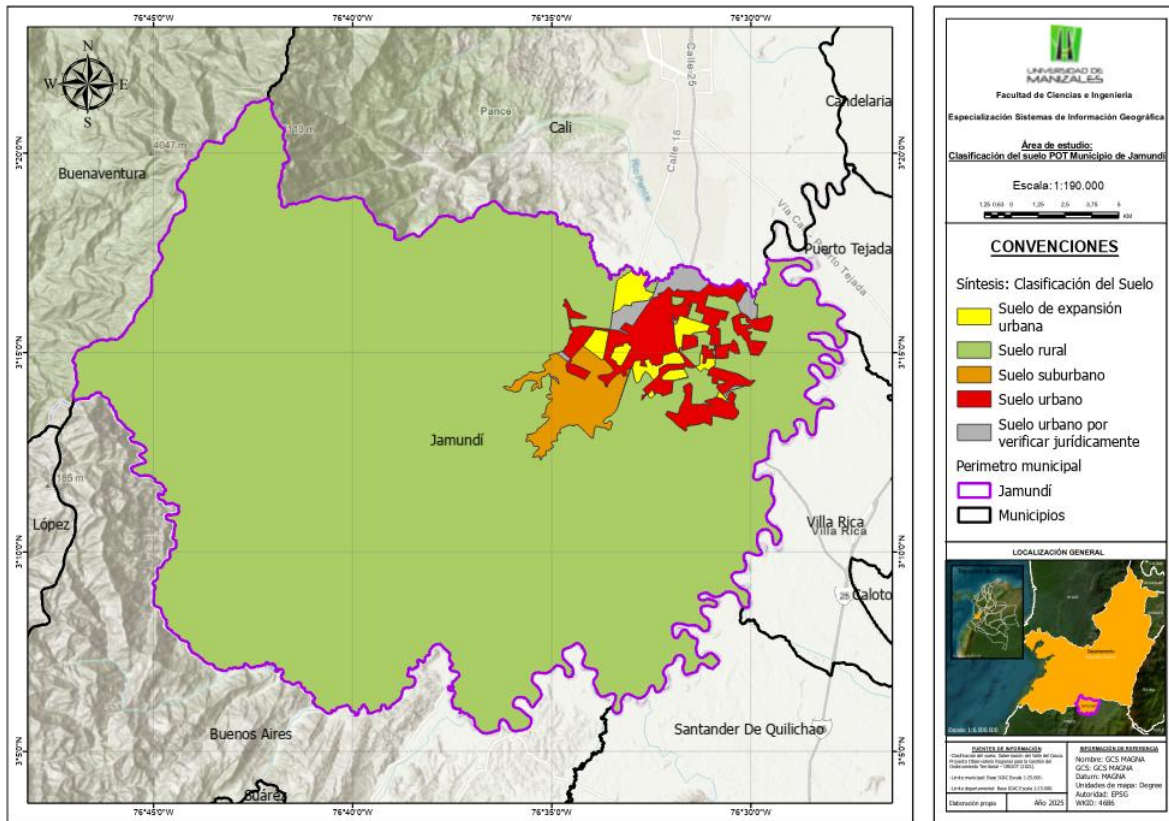
Bajo este esquema, el desarrollo comienza con la recolección y el procesamiento multitemporal de las coberturas de la tierra del municipio de Jamundí, mediante información cartográfica e imágenes satelitales, donde se evidenciará mediante multitemporal los cambios en el tejido urbano, los bosques, las áreas seminaturales y los territorios agrícolas presentes. De manera complementaria, se gestionará la información socioeconómica y demográfica vinculada a

---

los censos de población y vivienda en el municipio y lo proyectado en el plan básico de ordenamiento territorial (PBOT), La integración de estos elementos permitirá una comprensión integral de la dinámica del desarrollo territorial del municipio, considerando el acelerado fenómeno de expansión urbana ocurrido en la última década, con el propósito de generar recomendaciones y aportes estratégicos.

### **9.3. Definición del área de estudio**

El área de estudio corresponde al municipio de Jamundí, ubicado al sur del departamento del Valle del Cauca, en la región suroccidental de Colombia. Este municipio limita al norte con Santiago de Cali, al sur con Buenos Aires y Santander de Quilichao (Cauca), al oriente con Puerto Tejada y Villa Rica, y al occidente con el Parque Nacional Natural Farallones de Cali. Cuenta con una extensión territorial de aproximadamente 577 km<sup>2</sup>, con una topografía que varía entre zonas planas en el valle del río Cauca y áreas montañosas hacia el occidente.

**Figura 1.***Área objeto de estudio del Municipio de Jamundí.*

*Nota.* La figura muestra la clasificación del suelo del municipio de Jamundí según el Instrumento de Ordenación Territorial, recopilado en la base de datos del proyecto Observatorio Regional para la Gestión del Ordenamiento Territorial – ORGOT (2021). Fuente: Elaboración propia con datos de Gobernación del Valle, Fundación Ciudades Sostenibles, Fundación Universidad del Valle, Geosoluciones DAJ S.A.S (2025).

## 9.4. Fases metodológicas

### *9.4.1. Fase 1: Recopilar y sistematizar información relevante para el análisis de la expansión urbana en el Municipio de Jamundí, a partir de instrumentos de planeación, imágenes satelitales, información vectorial, así como estudios de transformación y usos del territorio.*

La primera etapa metodológica se orientó a la recolección y organización de información clave para el análisis del crecimiento urbano en Jamundí. Para ello, se consultaron fuentes oficiales como el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT), bases de datos geoespaciales y documentos técnicos que permitieron comprender la evolución territorial del municipio.

#### **9.4.1.1. Información vectorial**

La recopilación de información vectorial incluyó tres bloques principales: cartografía base, determinantes ambientales y normativa de planificación territorial. Mientras la cartografía base (límites administrativos, perímetro urbano y basemap de apoyo) fue esencial para el recorte de los insumos raster y la localización espacial de los análisis, la información ambiental y normativa se empleó principalmente como referencia para visualización y solapamiento, permitiendo identificar condicionantes ecosistémicos y contrastar las dinámicas de expansión con la regulación oficial del uso del suelo. La Tabla 2 sintetiza las capas vectoriales utilizadas, sus fuentes y el rol que desempeñaron dentro del estudio.

**Tabla 2.**

*Capas vectoriales empleadas en el análisis de la expansión urbana en Jamundí.*

<b>Bloque</b>	<b>Capas vectoriales principales</b>	<b>Fuente</b>	<b>Observaciones</b>
Cartografía base	Límite municipal y departamental, perímetro urbano oficial, cartografía de apoyo (basemap ESRI)	IGAC, ESRI	Capas de referencia empleadas para el recorte de insumos raster y la localización espacial de los análisis.
Ambientales y normativas	Áreas protegidas (RUNAP), zonas de preservación (POMCA río Jamundí), biomas, cobertura de la tierra, cuerpos de agua, humedales, red hídrica, zonas de recarga de acuíferos, resguardos indígenas y consejos comunitarios	RUNAP, IGAC, CVC	Información empleada principalmente para visualización y solapamiento, identificando condicionantes ecosistémicos frente a la expansión urbana.
Planificación territorial	Clasificación del suelo de Jamundí (urbano, de expansión, rural y de protección)	Gobernación del Valle del Cauca.	Insumo normativo usado para visualización y solapamiento, contrastando las dinámicas de expansión con la regulación oficial del uso del suelo.

*Nota:* Elaboración propia

#### **9.4.1.2. Preprocesamiento de capas vectoriales**

Las capas vectoriales recopiladas se integraron en una geodatabase única con el fin de garantizar coherencia espacial en los análisis. El proceso de preprocesamiento incluyó varias etapas:

1. Unificación del sistema de referencia espacial: todas las capas fueron transformadas al sistema de coordenadas MAGNA-SIRGAS / UTM zona 18N (EPSG: 32618), de acuerdo con la proyección utilizada en las imágenes Sentinel-2 y compatible con la escala de

trabajo (1:25.000). Esta estandarización aseguró la correcta superposición entre datos raster y vectoriales.

2. Verificación topológica y limpieza de geometrías: se validaron y corrigieron errores comunes como polígonos no cerrados, líneas superpuestas o duplicadas, y nodos inconsistentes. Esto evitó incompatibilidades durante los procesos de recorte e intersección.
3. Homogeneización de atributos: se revisaron los campos de las tablas de atributos de cada capa para unificar criterios de codificación y nomenclatura (ej. categorías de uso del suelo, tipos de cobertura o códigos de áreas protegidas).
4. Recorte al área de estudio: todas las capas se delimitaron al límite administrativo del municipio y al perímetro urbano oficial definido en el PBOT, de manera que la información se ajustara a la escala y a la zona de interés.

### **Información raster**




Se consideraron imágenes satelitales como insumo fundamental para el análisis de crecimiento y expansión urbana. Las imágenes obtenidas fueron Sentinel-2 de la plataforma Copernicus y otros repositorios oficiales. Estas imágenes fueron pre procesadas para asegurar su precisión, aplicando correcciones geométricas y atmosféricas, y delimitando el área de estudio dentro de un entorno SIG, lo que permitió una mejor interpretación de los cambios en el uso del suelo. Se seleccionaron las bandas acordes al satélite utilizado, donde se tuvieron en cuenta las bandas correspondientes al espectro visible (RGB), banda correspondiente al infrarrojo cercano y bandas que corresponden al infrarrojo de onda corta, también se tuvo en cuenta la resolución de

las imágenes. Las imágenes se recortaron empleando el archivo vectorial del municipio de Jamundí para delimitar la zona de estudio tal y como lo plantea (Barrera, 2020) en su estudio denominado “Análisis multitemporal de la expansión urbana de acuerdo con el aumento de la densidad poblacional del municipio de Chía para los años 1991, 2003 y 2018. Bogotá, Colombia”.

Para determinar los patrones de crecimiento en el municipio de Jamundí Valle del Cauca, se emplearon imágenes de satélite Sentinel 2 (2015 – 2020 - 2024), las cuales fueron obtenidas del programa de observación terrestre Copernicus y presentan un porcentaje de nubosidad bajo entre 1 y 10% en el área de estudio. La Tabla 2 presenta las imágenes satelitales Sentinel-2 seleccionadas para realizar el análisis multitemporal de la expansión urbana en Jamundí, correspondientes a los años 2015, 2020 y 2024.

**Tabla 3.**

*Imágenes satelitales Sentinel-2 seleccionadas para el análisis multitemporal del municipio de Jamundí.*

Imagen satelital 1	Imagen satelital 2	Imagen satelital 3
 <p>Sentinel 2 L2A Resolución espacial: 10 m Fecha: 24/12/2015 Id:GS2A_20151224T153612_002639_N05.00 Nubosidad: 11% aprox.</p>	 <p>Sentinel 2 L2A Resolución espacial: 10 metros Fecha: 17/01/2020 Id:GS2B_20200117T153619_014966_N05.0 Nubosidad: 3% aprox.</p>	 <p>Sentinel 2 L2A Resolución espacial: 10 metros Fecha: 18/10/2024 Id:GS2A_20240818T153631_047827_N05.11 Nubosidad: 1%</p>

*Nota:* Elaboración propia.

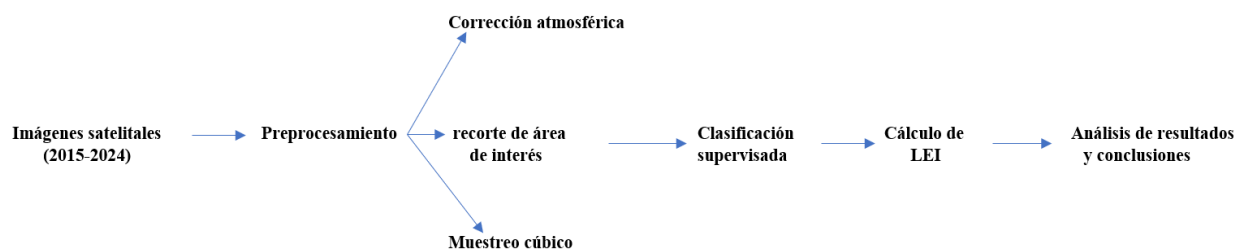
**9.4.2. Fase 2: Análisis de los cambios en la cobertura y uso del suelo en Jamundí entre 2015 y 2024, utilizando herramientas SIG y el Índice de Expansión Urbana (LEI) para identificar patrones de crecimiento urbano.**

Esta fase comprendió el análisis multitemporal de la expansión urbana en el municipio de Jamundí, a partir de imágenes satelitales Sentinel-2 y el uso de herramientas SIG para su procesamiento y representación espacial. El procedimiento metodológico incluyó el preprocesamiento de las imágenes, la clasificación supervisada, el cálculo del Índice de Expansión Urbana (LEI) y de los indicadores de síntesis (MEI y AWMEI), lo que permitió identificar de forma precisa los patrones de crecimiento urbano durante los periodos 2015–2020 y 2020–2024.

Con el fin de sistematizar estas actividades, en la Figura 2 se presenta el flujograma metodológico que resume cada una de las etapas seguidas en el análisis, desde la selección y preparación de las imágenes hasta la obtención de los resultados comparativos. Este esquema permitió estructurar el proceso de manera lógica y secuencial, facilitando la integración de las distintas herramientas geoinformáticas empleadas en el estudio.

**Figura 2.**

*Flujograma del proceso metodológico para el análisis multitemporal y cálculo del Índice de Expansión Urbana (LEI).*



*Nota:* Elaboración propia.

### **9.4.2.1. Preprocesamiento de las imágenes.**

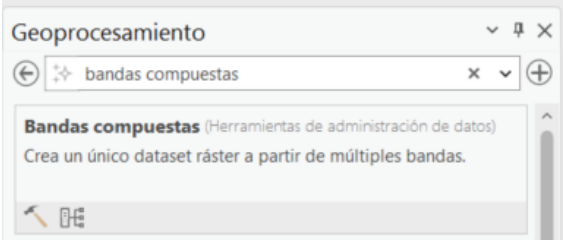

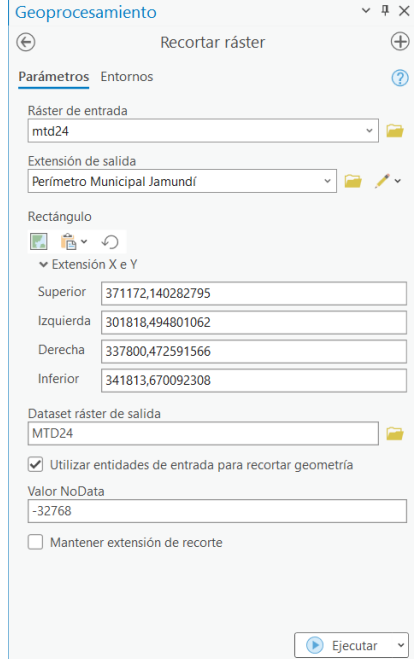
Teniendo como insumo principal las imágenes Sentinel-2A L2A, se seleccionaron las bandas 2 (azul), 3 (verde), 4 (rojo) y 8 (infrarrojo cercano), con resolución espacial de 10 metros, así como la banda 11 (infrarrojo de onda corta) de 20 metros. Esta selección respondió a la necesidad de generar una composición multispectral que permitiera diferenciar coberturas de interés, como la vegetación, áreas construidas y cuerpos de agua, y a su vez mejorar la detección de cambios en el territorio. Para garantizar la compatibilidad espacial, las bandas de 20 metros fueron reprocesadas a 10 metros mediante resampling, de modo que toda la información quedara estandarizada para los análisis posteriores.

Posteriormente, se realizó el recorte del ráster a partir de la extensión oficial del municipio de Jamundí, con énfasis en el perímetro urbano y las áreas suburbanas definidas en el PBOT. Este procedimiento permitió focalizar el análisis en el territorio objeto de estudio y reducir el volumen de datos a procesar. Los pasos específicos de este procedimiento se sintetizan en la Tabla 4.

Finalmente, se aplicaron ajustes de visualización para optimizar la interpretación de la información, entre ellos el muestreo cúbico, la calibración de gamma, contraste y brillo, y la combinación de bandas 4-2-1 (rojo-verde-azul), que facilitó resaltar zonas urbanas frente a coberturas vegetales. Este preprocesamiento aseguró la calidad y comparabilidad de las imágenes en las tres fechas seleccionadas (2015, 2020 y 2024), lo cual constituye la base para el análisis multitemporal y la posterior aplicación del Índice de Expansión Urbana (LEI).

**Tabla 4.**

*Pre procesamiento de imágenes Sentinel-2A L2A: combinación de bandas y recorte espacial en el área de estudio.*

Proceso	Imagen	Nota:
<p><b>1. Selección de herramienta de geoprocamiento: Bandas compuestas</b></p>		
<p><b>2. Selección de las bandas: 2,3,4,8 de 10 m y 11 de 20 m</b></p>		
<p><b>3. Ejecución de la herramienta de geoprocamiento:</b></p>		

Elaboración propia.

### **9.4.2.2. Clasificación supervisada de imágenes satelitales**

El análisis de la expansión urbana en Jamundí requirió obtener mapas temáticos consistentes que reflejaran el estado de la cobertura y uso del suelo en los años 2015, 2020 y 2024. Para ello se aplicó la técnica de clasificación supervisada, dado que permite discriminar categorías previamente definidas a partir de áreas de entrenamiento y ofrece un mayor control sobre la representación final de las coberturas. Esta metodología resultó adecuada para identificar con precisión el suelo urbano frente a otras coberturas, garantizando resultados confiables para el análisis multitemporal posterior.

El esquema de clasificación adoptado incluyó las siguientes clases: Territorios artificializados (ID 1), que agrupan las áreas urbanas y construidas; Cultivos permanentes (ID 4), correspondientes a plantaciones agrícolas de carácter estable; Pastos (ID 5), asociados a zonas destinadas a ganadería; Bosques (ID 6), que comprenden coberturas arbóreas continuas; Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva (ID 7), vinculadas a formaciones secundarias y coberturas naturales no arbóreas; y Nubes (ID 10), incluidas para descartar las zonas con interferencia en la interpretación (ver Tabla 5).

Para la clasificación se seleccionaron puntos de entrenamiento mediante fotointerpretación y apoyo en cartografía oficial, aplicando el algoritmo de Máxima Verosimilitud (Maximum Likelihood Classifier), ampliamente utilizado en teledetección por su capacidad de modelar la variabilidad espectral de cada clase.

**Tabla 5.**

*Entrenamiento del modelo: Selección de las clases.*

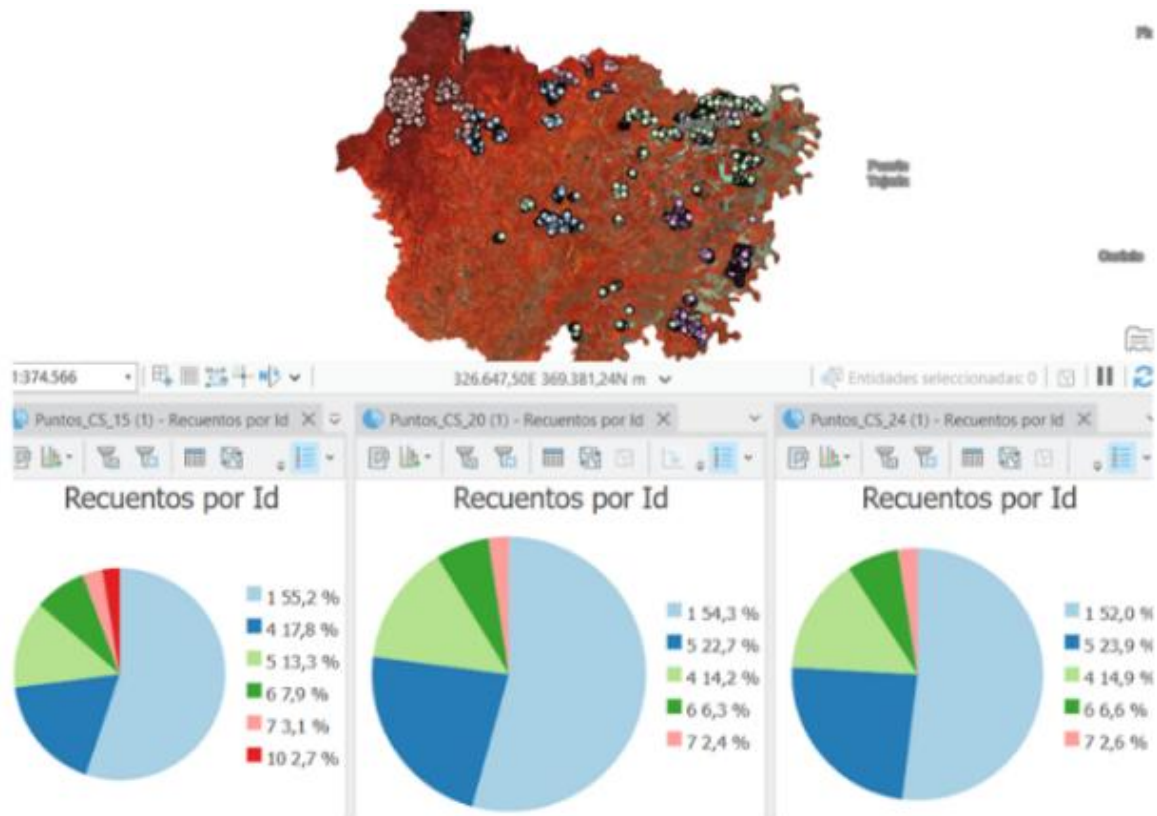
<b>ID</b>	<b>CLASE</b>
1	Territorios artificializados
4	Cultivos permanentes
5	Pastos
6	Bosques
7	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva
10	Nubes

*Nota:* Elaboración propia.

Para garantizar la trazabilidad del proceso de clasificación y la consistencia en el manejo de la información, se generaron recuentos porcentuales por clase de cobertura para cada uno de los años analizados (2015, 2020 y 2024). Estos recuentos permitieron verificar la coherencia interna de las clasificaciones y comparar la distribución relativa de categorías en los diferentes periodos, sin que ello implicara aún la interpretación de tendencias. La sistematización de este procedimiento se presenta en la Figura 3.

**Figura 3.**

*Distribución porcentual por clases para los años 2015, 2020 y 2024.*



*Nota.* La figura muestra los recuentos porcentuales por clase de cobertura realizados a partir de imágenes Sentinel-2.

Fuente: Elaboración propia.

### 9.4.2.3. Aplicación del Índice de Expansión Urbana (LEI)

La detección de cambios se llevó a cabo mediante una comparación posclasificación, utilizando como insumo las capas resultantes de la clasificación supervisada de 2015, 2020 y 2024 (ver sección 9.4.2.2). A partir de estas capas se identificaron las áreas de transición hacia territorios artificializados, las cuales fueron vectorizadas para conformar la capa de parches de nueva urbanización correspondiente a cada periodo de análisis (2015–2020 y 2020–2024).

Sobre esta capa se aplicó el cálculo del Landscape Expansion Index (LEI), siguiendo la metodología de Li et al. (2010), que permite clasificar cada parche de crecimiento urbano en tres categorías: periférico ( $LEI = 0$ ), de borde ( $0 < LEI < 50$ ) o de relleno ( $LEI \geq 50$ ). La operación se ejecutó en ArcGIS Pro mediante herramientas de análisis espacial (Erase, Buffer e Intersect), lo que permitió establecer la relación espacial entre los nuevos parches urbanizados y el tejido urbano preexistente.

### **Cálculo del índice LEI**

El cálculo del índice se realizó a partir de la capa resultante de la clasificación supervisada, de la cual se extrajeron los polígonos de nueva urbanización correspondientes a los periodos 2015–2020 y 2020–2024. Estos polígonos constituyeron el insumo principal para la aplicación del Landscape Expansion Index (LEI) y de los indicadores de síntesis (MEI y AWMEI).

El procedimiento se ejecutó en ArcGIS Pro, software seleccionado por encima de otras alternativas debido a sus ventajas en la integración de procesos de análisis espacial, manejo de grandes volúmenes de datos raster y vectoriales, y disponibilidad de herramientas específicas (*Erase, Buffer, Intersect, Field Calculator*) que permiten un flujo de trabajo ágil y reproducible. Esta elección aseguró mayor precisión en el cálculo, así como la trazabilidad de los resultados en cada etapa metodológica.

El cálculo del índice se efectuó siguiendo los pasos que se detallan a continuación:

1. *Identificación de los nuevos parches urbanos*: se utilizó la herramienta *Erase* para aislar las áreas urbanizadas nuevas entre periodos (2015–2020 y 2020–2024).

2. *Generación del buffer*: se creó una zona de influencia de 10 metros alrededor de cada parche nuevo mediante la herramienta *Buffer*. La distancia seleccionada se fundamenta en el criterio técnico de que el ancho del buffer debe ser igual o menor que la resolución espacial de los datos obtenidos por teledetección. En este caso, para la identificación de las áreas de crecimiento urbano se utilizaron imágenes satelitales con una resolución de 10 metros, por lo que se optó por un valor equivalente para garantizar coherencia con la escala de observación. Este paso permitió establecer el grado de contacto espacial entre las nuevas expansiones extraídas en la superposición de los periodos comparados (2015-2020 y 2020-2024), y las áreas urbanas existentes, representadas por la capa base correspondiente al año inicial de cada intervalo (2015 y 2020).
3. *Cálculo del área ocupada ( $A_o$ )*: se evaluó el grado de contacto entre las nuevas expansiones urbanas y el suelo previamente urbanizado mediante la intersección espacial entre el buffer generado alrededor de los nuevos parches y las coberturas urbanas consolidadas correspondientes al año inicial de cada intervalo de análisis. Específicamente, se utilizó la capa de los nuevos parches identificados en los periodos 2015-2020 y 2020-2024 frente a las coberturas urbanas de referencia de los años 2015 y 2020. Luego, se usó la herramienta *Summarize* para consolidar los valores por parche.
4. *Cálculo del área vacante ( $A_v$ )*: se generó una nueva columna en la tabla de atributos y se calculó como la diferencia entre el área total del buffer y el área ocupada:

$$A_v = \text{Área total buffer} - A_o$$

5. *Aplicación de la fórmula del LEI*:

$$LEI = 100 * \left( \frac{A_o}{(A_o + A_v)} \right)$$

Esta expresión, tomada de Li et al. (2010), permitió asignar un valor porcentual a cada parche según su grado de integración con la ciudad existente.

#### 6. Clasificación del tipo de crecimiento:

Con base en el valor del LEI, se clasificó cada parche como:

- *Periférico*:  $LEI = 0$

- *Crecimiento por borde*:  $0 < LEI < 50$

- *Crecimiento por relleno*:  $LEI \geq 50$

Esta clasificación se implementó mediante un campo tipo texto (*Tipo\_LEI*) y la herramienta *Field Calculator*.

#### 9.4.2.4. Cálculo de indicadores de síntesis: MEI y AWMEI

Para tener una visión global del patrón de expansión en cada periodo, se calcularon dos medidas de resumen:

- *Índice de Expansión Media (MEI)*: corresponde al promedio aritmético simple de todos los valores individuales de LEI. Este cálculo se realizó directamente desde la tabla de atributos, usando la opción *Estadísticas* sobre el campo LEI.

$$MEI = \frac{(\sum LEI)}{n}$$

donde:

- $\sum LEI$  = suma de todos los valores individuales del LEI para los parches analizados.
- $n$  = número total de parches urbanos generados en el periodo.

- *Índice de Expansión Media Ponderada por Área (AWMEI)*: se calculó como la media ponderada del LEI en función del área de cada parche, usando la fórmula:

$$AWMEI = \frac{\sum(LEI * \text{Área})}{\sum(\text{Área})}$$

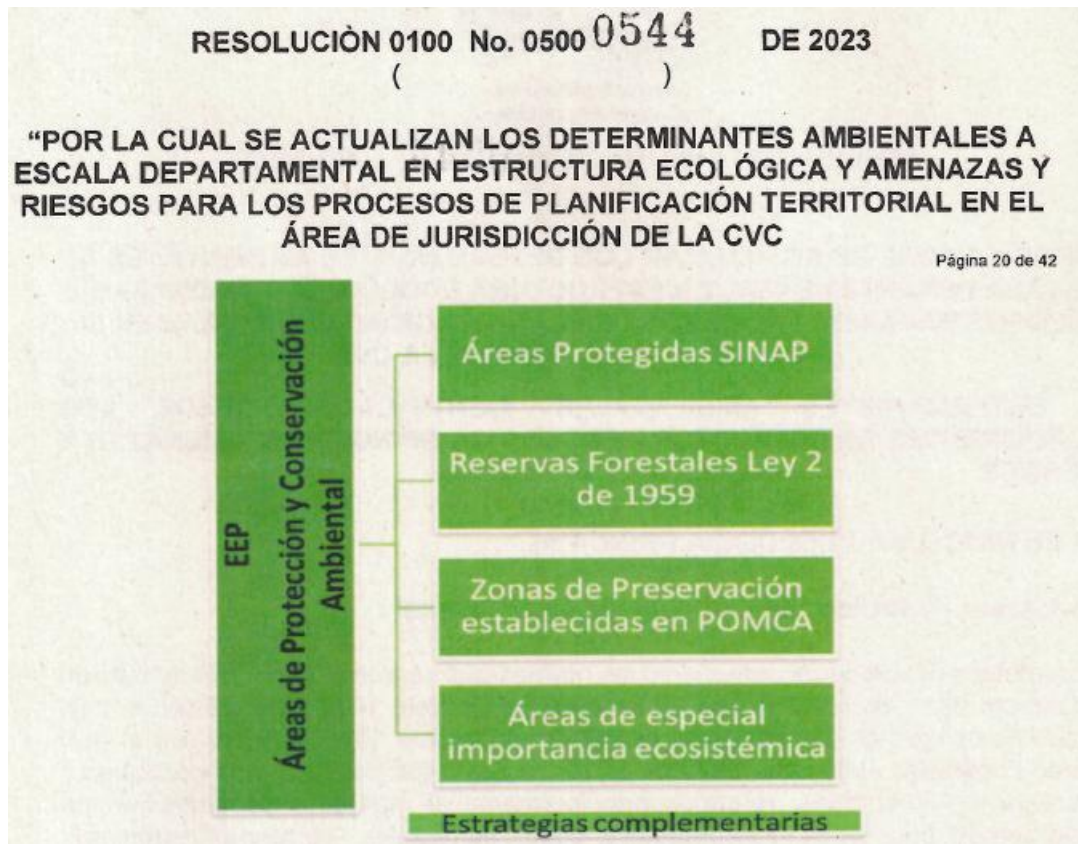
Para ello se generó una columna auxiliar (*LEIxÁrea*) y luego se obtuvo el promedio ponderado mediante la suma total de *LEIxÁrea* dividida por el área total de los parches. Este valor resalta los patrones predominantes en los parches de mayor extensión.

#### ***9.4.3. Fase 3: Caracterización descriptiva de los impactos ambientales y socioeconómicos en el municipio de Jamundí debido a las dinámicas de expansión urbana.***

Para el desarrollo de este componente, se inicia con la identificación de los sistemas de soporte reconocidos por el municipio de Jamundí en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) vigente del municipio de Jamundí, los cuales son considerados como determinantes ambientales. Esta identificación se realiza en concordancia con lo establecido en la resolución 0100 No. 0500 0544 de 2023 emitida por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), mediante la cual se actualizan los determinantes ambientales a escala departamental en la Estructura Ecológica y los riesgos para los procesos de planificación territorial en su área de jurisdicción.

**Figura 4.**

*Clasificación por categoría de los elementos que componen la estructura ecológica principal.*



*Nota:* Adaptado de Resolución 0100 No. 0500 0548 de 2023, Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), p. 20.

Con base en los elementos que conforman la estructura ecológica principal, y utilizando el Visor Geográfico Avanzado GeoCVC, se lleva a cabo la búsqueda de información temática vectorial que presenta solapamientos con el municipio de Jamundí. Posteriormente, se procede a la descarga de dicha información con el objetivo de identificar y actualizar los componentes ecológicos que en función de los instrumentos de ordenamiento deben ser considerados como determinantes ambientales. Asimismo, como realizar los análisis de estos a la luz de las dinámicas de expansión urbana, la configuración territorial y del paisaje, considerando la ocupación del suelo, asentamientos humanos y sus actividades productivas derivadas.

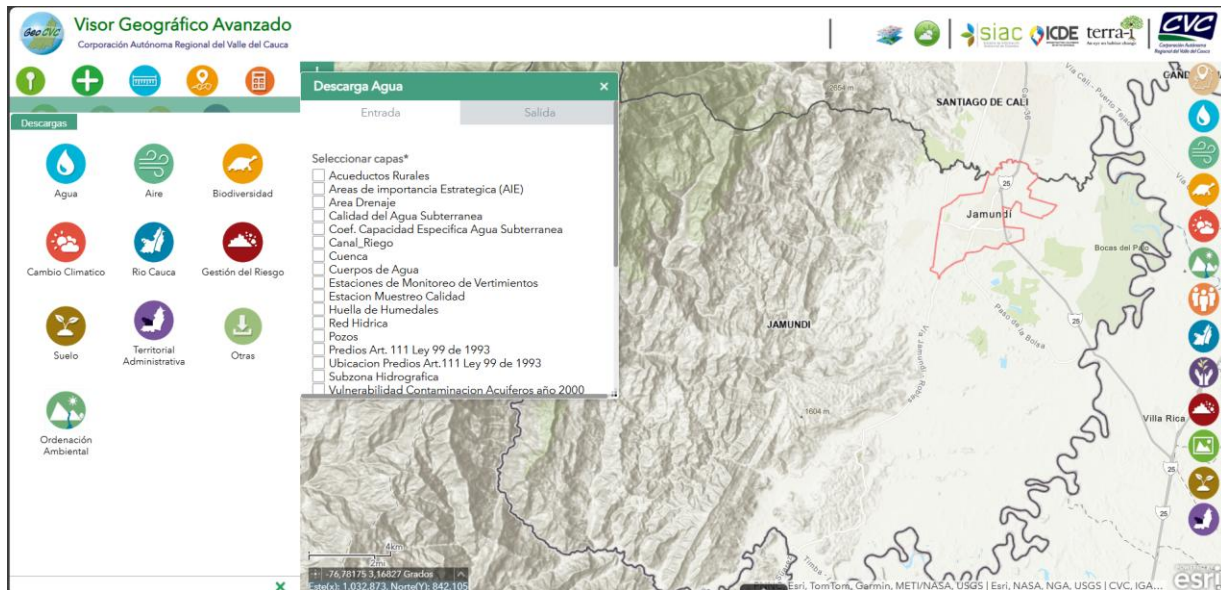
---

Las capas descargadas se clasifican según las siguientes categorías:

- *Primera categoría (Áreas protegidas del SINAP):* Se incluyó la capa del Registro Único Nacional de Áreas Protegidas (RUNAP).
- *Segunda categoría (Zonas de reserva forestal Ley 2 de 1959):* No se identificaron solapamientos de estas áreas con el municipio de Jamundí, por lo tanto, no se relaciona información vectorial para esta categoría.
- *Tercera categoría: Zonas de preservación establecidas en el POMCA:* Se identificó que únicamente la cuenca del río Jamundí cuenta con este instrumento, representado en la capa del Modelo de Ordenación POMCH.
- *Cuarta categoría (Áreas de especial importancia ecosistémica):* Se incluyeron las capas de zonas de amortiguación de áreas protegidas, acueductos rurales, biomas (2010), cobertura de la tierra (2020), cuencas hidrográficas, cuerpos de agua, humedales, predios Art. 111 Ley 99 de 1993, red hídrica, y zonas de recarga de acuíferos (año 2000) y las áreas protegidas de carácter étnico no incluidas en el SINAP que comprende resguardos indígenas formalizados y consejos comunitarios titulados.

**Figura 5.**

*Recopilación de información ambiental y territorial a través del visor Geográfico Avanzado GeoCVC.*



*Nota:* La figura representa una impresión de pantalla del interfaz del Visor Geográfico Avanzado de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Tomado de ([Visor Geográfico Avanzado Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca](#)).

Además, se aplicaron tratamientos geoespaciales complementarios para garantizar la consistencia técnica de la información utilizada en el análisis. En primer lugar, se verificó el sistema de coordenadas de cada capa, asegurando su compatibilidad con el sistema oficial MAGNA-SIRGAS / UTM zona 18N (EPSG:32618). En los casos en que se identificaron discrepancias, se aplicó el proceso de reproyección. De igual forma, se realizó un recorte espacial de todas las capas al límite administrativo del municipio de Jamundí, con el fin de delimitar los datos en el área de estudio y evitar inconsistencias en los análisis territoriales.

***9.4.4. Fase 4: Visualizar y representar de manera gráfica la cuantificación de los resultados obtenidos en la identificación de las áreas de crecimiento urbano.***

Para garantizar la comunicación efectiva de los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto, se definieron tres formatos técnicos que permiten representar, organizar y gestionar la información geoespacial de manera estructurada, versátil y compatible con distintos entornos operativos. Estos formatos incluyen: PDF vectorial para la representación cartográfica final, paquete de proyecto (.ppkx) para la gestión integral de todos los datos y sus configuraciones en ArcGIS Pro, y geodatabase file (.gdb) para la organización temática en ArcMap.

La selección de estos formatos responde a criterios de utilidad técnica, facilidad de manejo según el perfil del usuario, y capacidad para comunicar los análisis realizados de forma gráfica y estructurada. Además, su interoperabilidad permite que los productos generados funcionen como insumos para otros procesos técnicos, académicos o institucionales. A continuación, se detallan las características y ventajas de cada tipo de insumo y formato a entregar:

**PDF vectorial:** Este formato se adopta como medio principal para la comunicación final de los resultados obtenidos en los análisis de expansión urbana, al ofrecer una representación gráfica de alta calidad que es ampliamente accesible mediante herramientas universales como los lectores de Documentos Portátiles (PDF). Su compatibilidad multiplataforma permite que los productos cartográficos puedan ser consultados por diversos perfiles de usuario, sin necesidad de software especializado.

---

A pesar de su carácter estático, este formato conserva todos los atributos técnicos esenciales, incluyendo simbología estandarizada, estructura temática por capas, y una resolución óptima para impresión y visualización digital. Gracias a su naturaleza vectorial, se garantiza la fidelidad gráfica y la claridad interpretativa de los mapas, lo que facilita su uso como insumo en procesos de validación institucional, divulgación técnica y documentación oficial, sin pérdida de calidad ni distorsión de los elementos cartográficos

Los mapas temáticos finales fueron elaborados en el entorno de diseño cartográfico (Layout) de ArcGIS Pro. Para su se utilizó la herramienta de diseño *PDF vectorial*, configurada con una resolución de alta calidad (200 DPI) y con la opción de georreferenciación habilitada, lo que permite su posterior integración y visualización en entornos SIG.

**Paquete de proyecto (.ppkx):** Este formato presenta ventajas comparativas significativas en entornos profesionales dedicados a la gestión y administración de información geoespacial, al permitir la consolidación de todos los insumos geográficos y configuraciones cartográficas en un único contenedor estructurado. En el marco del proceso técnico, el archivo .ppkx cumple funciones esenciales de visualización, la edición directa de datos geoespaciales, el almacenamiento estructurado de la información y la trazabilidad documental del proyecto.

La construcción del paquete se realizó en el entorno de trabajo de ArcGIS Pro, integrando herramientas de diseño, edición y administración de datos. La estructura temática del proyecto contempla la organización jerárquica y coherente de los distintos layouts, que representan los análisis de expansión urbana, de la estructura ecológica principal, la localización general y la plantilla técnica diseñada para el proyecto. Cada layout incorpora configuración personalizada, imágenes satelitales, capas vectoriales, simbología personalizada y metadatos.

**Geodatabase file (.gdb):** Finalmente, se estructuró una geodatabase para el proyecto, su organización interna responde a una estructura temática, alineada con las fases del diagnóstico y de los análisis de expansión urbana, lo que facilita la navegación lógica entre los distintos componentes espaciales del estudio.

Este formato fue seleccionado por su capacidad de almacenamiento robusta, y su eficiencia en la centralización de la información geoespacial en una única unidad de almacenamiento, permitiendo su gestión, edición y exportación hacia otros formatos operativos.

---

## 10. Resultados

En esta sección se presentan los hallazgos del análisis multitemporal de la expansión urbana en el área urbana y suburbana del municipio de Jamundí (Valle del Cauca), para los periodos 2015–2020 y 2020–2024. La estructura de los resultados sigue el orden de los objetivos específicos, integrando herramientas de teledetección, análisis espacial y el cálculo del Índice de Expansión Urbana (LEI).

El estudio se delimitó a partir de los suelos clasificados como urbanos y suburbanos en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT), lo que permitió enfocar el análisis en las zonas con mayor dinámica reciente de transformación, dejando por fuera el suelo rural.

En primer lugar, se describen los insumos geoespaciales y normativos utilizados. Luego, se analiza la evolución de la cobertura del suelo durante los periodos evaluados. Posteriormente, se examina el comportamiento espacial de la expansión, diferenciando entre los tipos de crecimiento urbano: borde, periférico y de relleno. Finalmente, se presentan los impactos ambientales y socioeconómicos asociados a estas transformaciones.

Cada componente se complementa con cartografía temática y representaciones gráficas que facilitan la interpretación visual de la dinámica urbana en el territorio analizado.

### 10.1. Recopilación y sistematización de la información

#### 10.1.1. Información vectorial

La información vectorial recopilada permitió delimitar y contextualizar el área de estudio, además de respaldar el análisis multitemporal y los procesos de clasificación supervisada. Se integraron

capas de referencia político-administrativas (límite municipal, límite departamental y perímetro urbano oficial), así como insumos ambientales y normativos. Estas capas fueron esenciales para garantizar que el análisis se enmarcara en los límites oficiales del municipio y en concordancia con los instrumentos de planificación vigentes.

En particular, el límite político-administrativo y el perímetro urbano definido en el PBOT de Jamundí facilitaron el recorte de imágenes satelitales y la sistematización de resultados. Por su parte, las capas ambientales y de ordenamiento (áreas protegidas, cuencas, biomas y clasificación del suelo) permitieron establecer condicionantes ecológicos y normativos, empleados principalmente como referencia para visualización y solapamiento en las etapas posteriores del estudio.

### ***10.1.2. Información satelital***

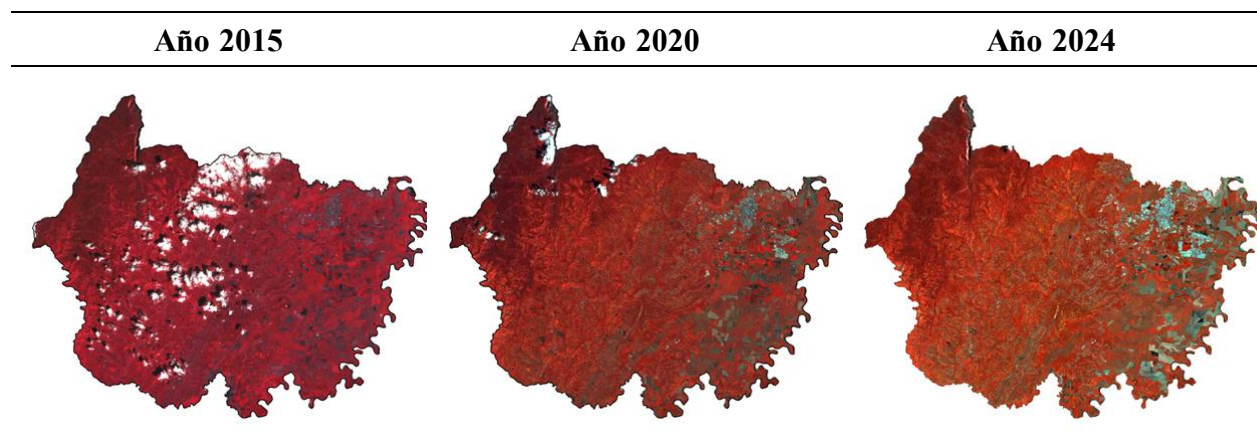
El análisis de la expansión urbana comenzó con la recopilación de insumos geoespaciales y documentales clave. Se emplearon imágenes satelitales Sentinel-2 L2A correspondientes a los años 2015, 2020 y 2024, seleccionadas por su baja nubosidad, resolución espacial de 10 metros y disponibilidad gratuita en la plataforma Copernicus. Las escenas fueron recortadas con base en el límite político-administrativo del municipio de Jamundí, y posteriormente normalizadas y preprocesadas para facilitar su comparación temporal.

Para apoyar la diferenciación visual y espectral entre coberturas urbanas y no urbanas, se generaron composiciones multibanda en falso color e infrarrojo cercano (combinaciones 8-4-3 y 4-3-2). La Figura 6 muestra las imágenes recortadas y procesadas para cada uno de los años analizados. Estas visualizaciones permiten identificar variaciones en la reflectancia de

coberturas, densidad de ocupación del suelo y elementos antrópicos, lo cual resulta fundamental para la etapa de clasificación supervisada.

**Figura 6.**

*Imágenes Sentinel-2 recortadas y preprocesadas para Jamundí (2015, 2020 y 2024).*



*Nota:* Elaboración propia

Finalmente, esta base de datos se complementó con documentos normativos y estratégicos provenientes del Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT), el Plan de Desarrollo Municipal y reportes del Observatorio Regional del Ordenamiento Territorial. Dichos insumos permitieron contextualizar los resultados frente a los límites oficiales del suelo urbano, de expansión y rurales definidos por la administración municipal.

## 10.2. Análisis multitemporal e índice de expansión urbana (LEI)

### 10.2.1. Resultados preliminares de la clasificación supervisada

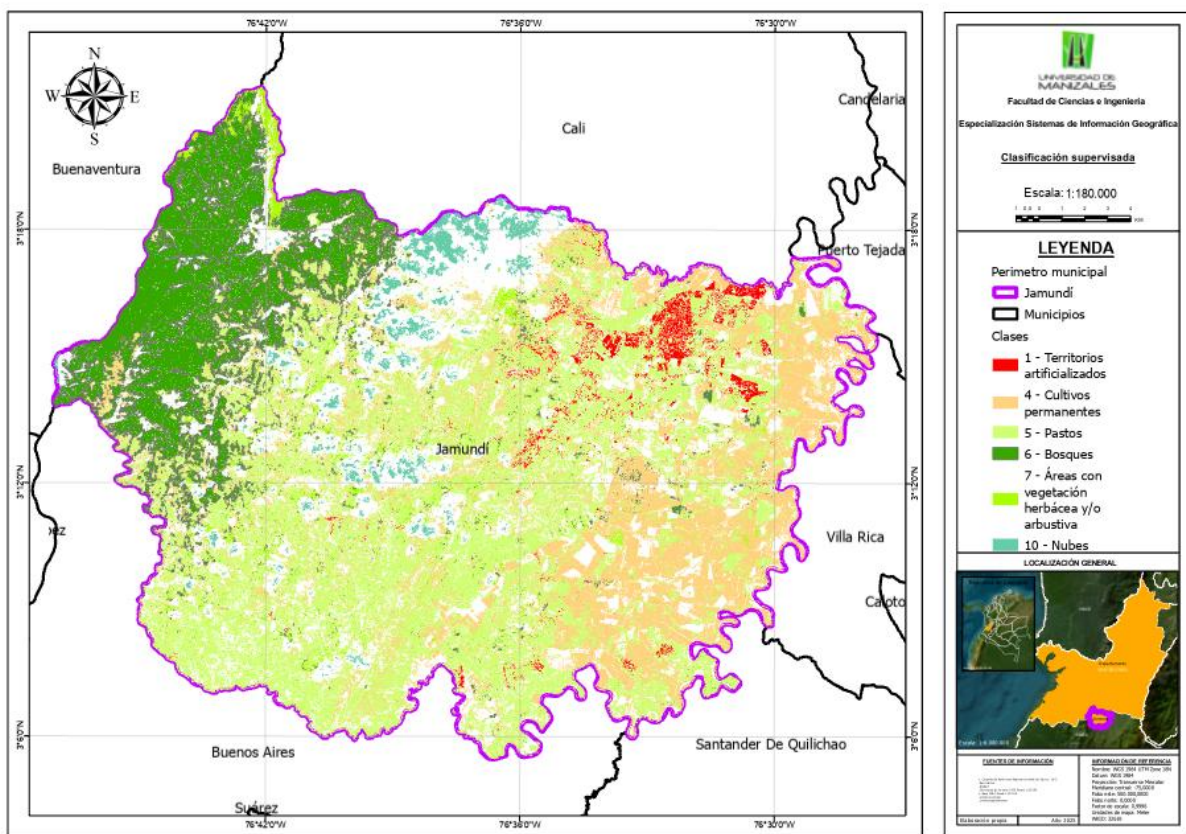
La clasificación supervisada aplicada sobre las imágenes Sentinel-2 permitió discriminar seis clases de cobertura: territorios artificializados, cultivos permanentes, pastos, bosques, vegetación herbácea/arbustiva y nubes. Este procedimiento generó mapas temáticos con un nivel

de detalle suficiente para distinguir entre áreas urbanas consolidadas, sectores productivos y zonas de vegetación natural o secundaria, lo cual constituye la base para el análisis multitemporal y para la aplicación posterior del Índice de Expansión Urbana (LEI).

En la Figura 7 se presenta la salida gráfica resultante de la clasificación supervisada, en la que es posible observar la delimitación de las distintas clases y su disposición en el territorio municipal.

### Figura 7.

*Clasificación supervisada de coberturas en Jamundí.*



### ***10.2.2. Análisis multitemporal de cobertura y uso del suelo (2015–2024)***

El análisis multitemporal de la cobertura del suelo en Jamundí permitió identificar y cuantificar los cambios en el uso del suelo a lo largo de nueve años, mediante la clasificación de imágenes satelitales correspondientes a 2015, 2020 y 2024. Para el estudio, se establecieron dos categorías principales: suelo urbano (áreas artificializadas) y suelo no urbano (áreas naturales, agrícolas u otras sin construcciones).

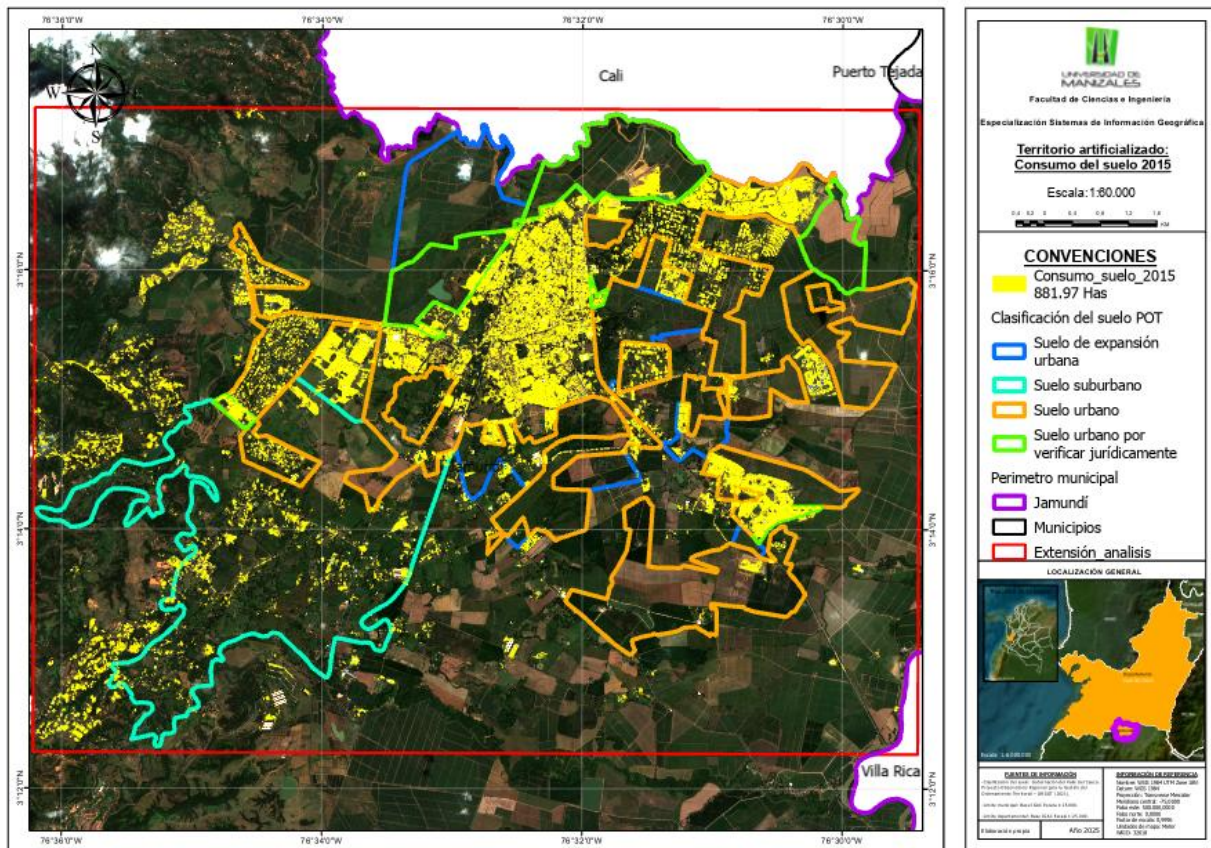
A continuación, se presentan los mapas de clasificación para cada uno de los años analizados. En ellos se destaca el área urbana identificada para cada periodo, sobrepuesta sobre imágenes satelitales restringidas al área urbana y suburbana del municipio. La expansión urbana se representa mediante una codificación cromática: amarillo para 2015, azul para 2020 y morado para 2024, lo que facilita visualizar con claridad los patrones de crecimiento.

La Figura 8 muestra la cobertura urbana correspondiente al año 2015. Los sectores artificializados, en color amarillo, se concentran en el núcleo urbano principal, evidenciando un patrón compacto de ocupación. La densidad es más alta en el centro del municipio, y disminuye hacia los bordes, sin mostrar aún una dispersión significativa hacia la periferia.

Aunque el consumo de suelo urbano para ese año se mantiene mayoritariamente dentro del perímetro clasificado como suelo urbano, también se evidencian algunas expansiones incipientes sobre suelo suburbano. Se observa el surgimiento de manchas urbanas aisladas hacia el norte en dirección a Cali y en el suroriente del municipio, asociadas posiblemente a nuevas urbanizaciones o parcelaciones dispersas.

**Figura 8.**

*Clasificación del consumo de suelo urbano en el área urbana y suburbana de Jamundí, año 2015.*



Para el año 2020 se registran cambios importantes en la distribución del suelo urbano dentro del área urbana y suburbana de Jamundí. La superficie artificializada alcanzó las 1318,94 hectáreas, lo que representa un aumento del 49,52 % respecto a 2015. Este incremento refleja una aceleración del proceso de expansión urbana, especialmente en sectores ubicados al norte y nororiente del municipio, en dirección al área metropolitana de Cali.

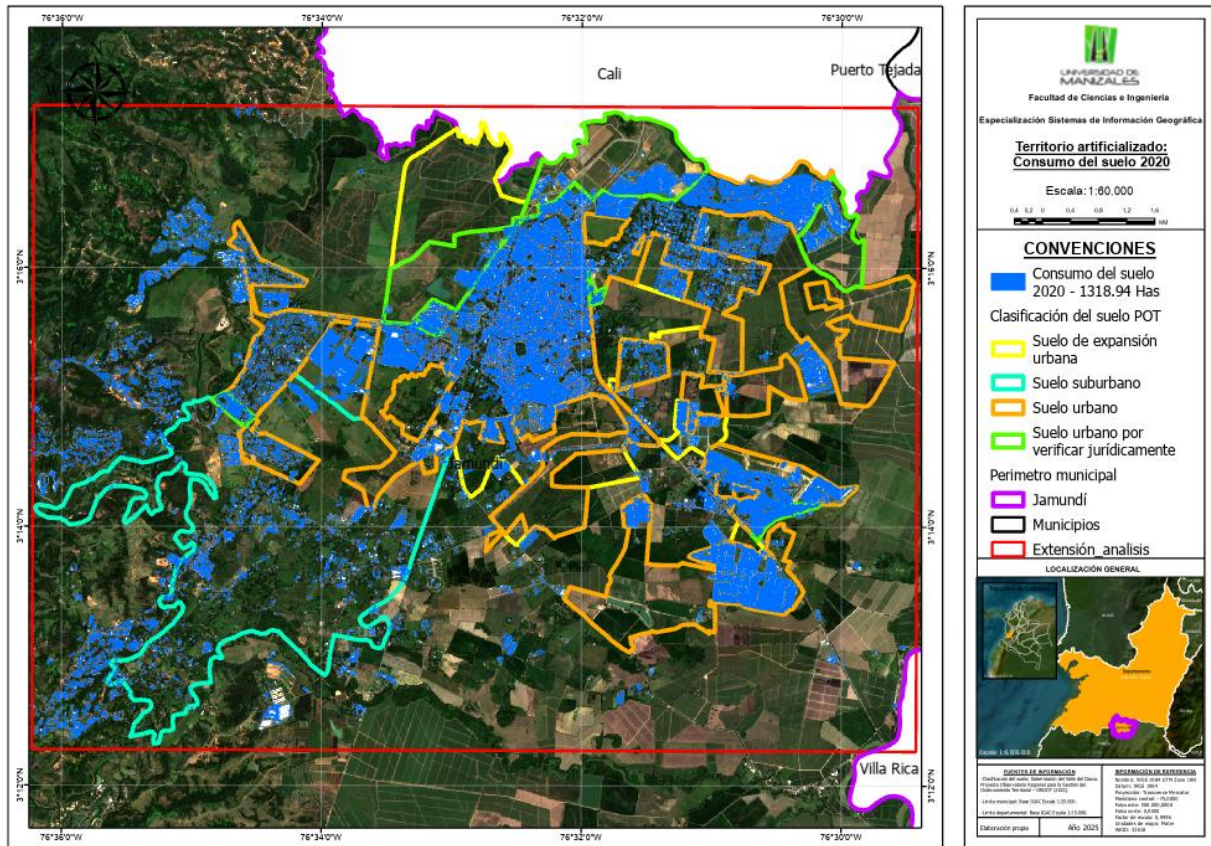
---

La Figura 9 destaca en color azul las nuevas zonas clasificadas como urbanas. Muchas de estas se superponen con áreas definidas en el POT como suelo urbano (línea verde) y suburbano (línea naranja), aunque también se evidencian transformaciones en sectores de expansión (magenta) e incluso en zonas no previstas por la zonificación oficial.

Durante este periodo, el crecimiento urbano se concentró principalmente en la franja norte y nororiental, pero también se expandió hacia el suroriente, dentro de los límites urbanos y suburbanos establecidos. Aunque el patrón dominante sigue siendo la expansión por borde, comienzan a observarse desarrollos urbanos más dispersos, especialmente hacia el sur y el occidente del área de estudio.

**Figura 9.**

*Clasificación del consumo de suelo urbano en el área urbana y suburbana de Jamundí, año 2020.*



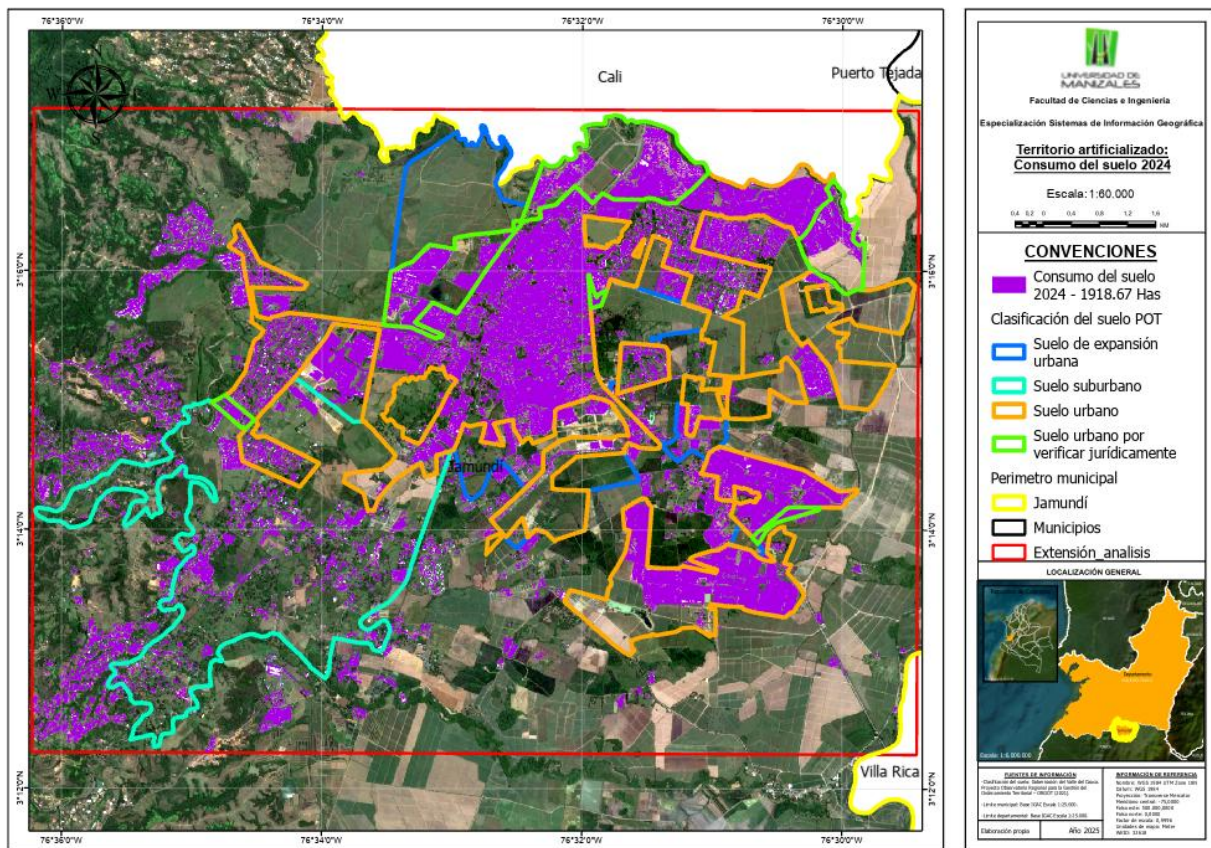
Para el año 2024, la superficie urbanizada dentro del suelo urbano y suburbano de Jamundí alcanzó las 1.918,67 hectáreas, lo que representa un incremento del 45,53 % con respecto al 2020 (1.318,94 ha) y un crecimiento acumulado del 117,55 % en comparación con 2015 (881,97 ha).

La Figura 10 presenta en color morado las nuevas áreas artificializadas para este periodo. Se evidencia una expansión territorial más amplia y fragmentada, con crecimiento marcado hacia el sur y suroccidente del municipio, donde se ocupan zonas que previamente tenían usos rurales o agrícolas. Este nuevo patrón indica que la urbanización ya no se limita a los bordes del casco urbano consolidado, sino que se extiende hacia zonas periféricas de forma más dispersa y con menor densidad.

El avance hacia el norte confirma la creciente integración del municipio al área metropolitana de Cali, reflejando una fuerte presión por nuevos desarrollos urbanos. Además, el ritmo de crecimiento entre 2020 y 2024 supera al observado en el periodo anterior, consolidando una tendencia acelerada de transformación del territorio.

### Figura 10.

*Clasificación del consumo de suelo urbano en el municipio de Jamundí (área urbana y suburbana), año 2024.*



Con base en los resultados de la clasificación supervisada de las imágenes satelitales del área urbana y suburbana de Jamundí, se observa un crecimiento urbano sostenido a lo largo del periodo analizado. En 2015, las zonas artificializadas en esta área sumaban 881,97 hectáreas.

Para 2020, la superficie se incrementó a 1.318,94 hectáreas, lo que equivale a un aumento del 49,54 % respecto al año base. En 2024, la cifra ascendió a 1.918,67 hectáreas, representando un crecimiento del 45,47 % frente al 2020 y un incremento acumulado del 117,54 % en comparación con 2015 (ver Tabla 6).

**Tabla 6.**

*Evolución del área urbana en el municipio de Jamundí (2015–2024).*

<b>Año</b>	<b>Área urbana (ha)</b>	<b>Incremento absoluto (ha)</b>	<b>% Crecimiento acumulado</b>
2015	881,97	—	—
2020	1.318,94	+436,97	49,54%
2024	1918,67	+599.73	117,54%

Para complementar el análisis por año, se elaboró una representación sintetizada del crecimiento acumulado entre 2015 y 2024 (Figura 11). En este mapa se integran las coberturas artificializadas clasificadas para cada año del periodo de estudio, lo que permite visualizar de forma conjunta la evolución espacial del proceso de expansión urbana en el municipio.

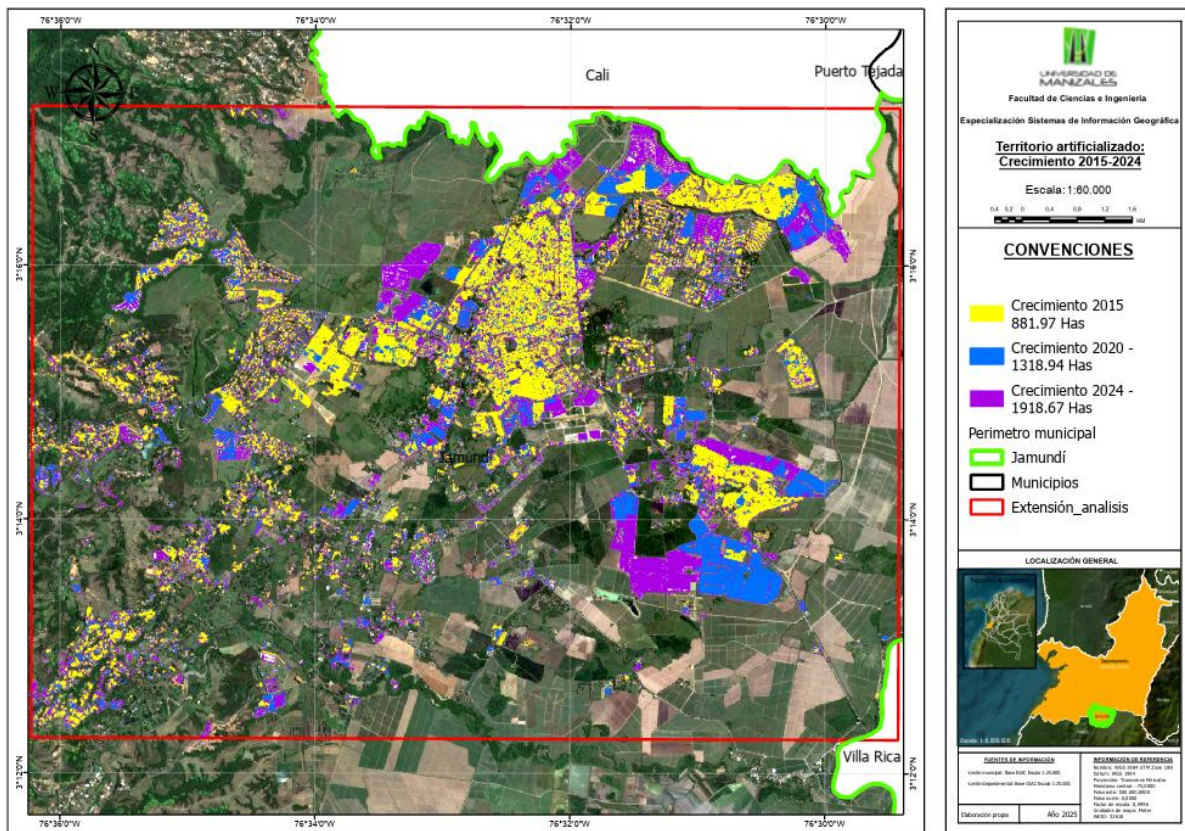
Las zonas transformadas en 2015 se representan en amarillo, las de 2020 en azul, y las de 2024 en fucsia. Esta visualización revela cómo el crecimiento urbano, inicialmente concentrado en torno al casco consolidado, se ha desplazado progresivamente hacia el norte, oriente y sur del municipio.

Además, se evidencia una ocupación del suelo cada vez más fragmentada, con nuevos focos de crecimiento en sectores que anteriormente presentaban usos rurales. Este fenómeno se

observa con mayor claridad en zonas del suroriente y suroccidente, donde el desarrollo urbano comienza a desplegarse de manera más dispersa y desconectada del tejido principal.

### Figura 11.

*Comparación multitemporal del crecimiento urbano en Jamundí (área urbana y suburbana), 2015–2024.*



El análisis multitemporal de la cobertura urbana entre 2015 y 2024 permitió evidenciar una transformación progresiva del paisaje de Jamundí, marcada por un crecimiento sostenido tanto en extensión como en la distribución de las áreas artificializadas. En los primeros años, el desarrollo urbano permanecía concentrado en torno al núcleo central del municipio; sin embargo, con el paso del tiempo, comenzaron a consolidarse nuevos frentes de urbanización en sectores más periféricos, incluyendo bordes del suelo urbano y zonas rurales colindantes. Para la

comparación se tomó como referencia el límite urbano oficial aprobado en el POT de Jamundí, lo cual garantizó que la evaluación se enmarcara dentro de la normativa vigente. Si bien la cartografía de planes parciales representa un insumo complementario de gran utilidad para precisar tendencias de expansión, en este estudio no fue integrada de manera detallada debido al alcance del análisis, centrado principalmente en el contraste multitemporal de las coberturas urbanas y no urbanas.

### ***10.2.3. Índice de Expansión Urbana (LEI)***

#### **10.2.3.1. Tipo de crecimiento urbano 2015-2020**

Durante el periodo 2015–2020, Jamundí presentó un proceso de expansión urbana considerable, con la transformación de 436,97 hectáreas en áreas artificializadas dentro del suelo urbano y suburbano delimitado para el análisis. Esta expansión fue clasificada con base en el Índice de Expansión Urbana (LEI), el cual distingue tres modalidades: crecimiento por borde, de relleno y periférico.

El crecimiento por borde fue el patrón dominante, abarcando el 56,2 % del área transformada (245,71 ha). Este tipo de expansión se caracteriza por su contigüidad con el núcleo urbano consolidado, extendiendo los límites existentes. En segundo lugar, se ubicó el crecimiento de relleno, con 110,60 hectáreas (25,3 %), correspondiente a la ocupación de espacios vacantes dentro del área urbana, como lotes baldíos o terrenos subutilizados.

El crecimiento periférico o aislado ocupó 80,66 hectáreas (18,5 %), y corresponde a nuevos desarrollos urbanísticos separados del continuo urbano. Este tipo de expansión genera mayor fragmentación del paisaje y ejerce una presión más directa sobre suelos rurales.

En cuanto al número de parches, el crecimiento por borde también lideró con 2.596 registros, seguido del periférico (1.597) y el relleno (1.042). Esta distribución indica que, además de ocupar más superficie, el crecimiento por borde. Los detalles se muestran en Tabla 7.

**Tabla 7**

*Distribución del tipo de crecimiento urbano en el área urbana y suburbana de Jamundí (2015–2020).*

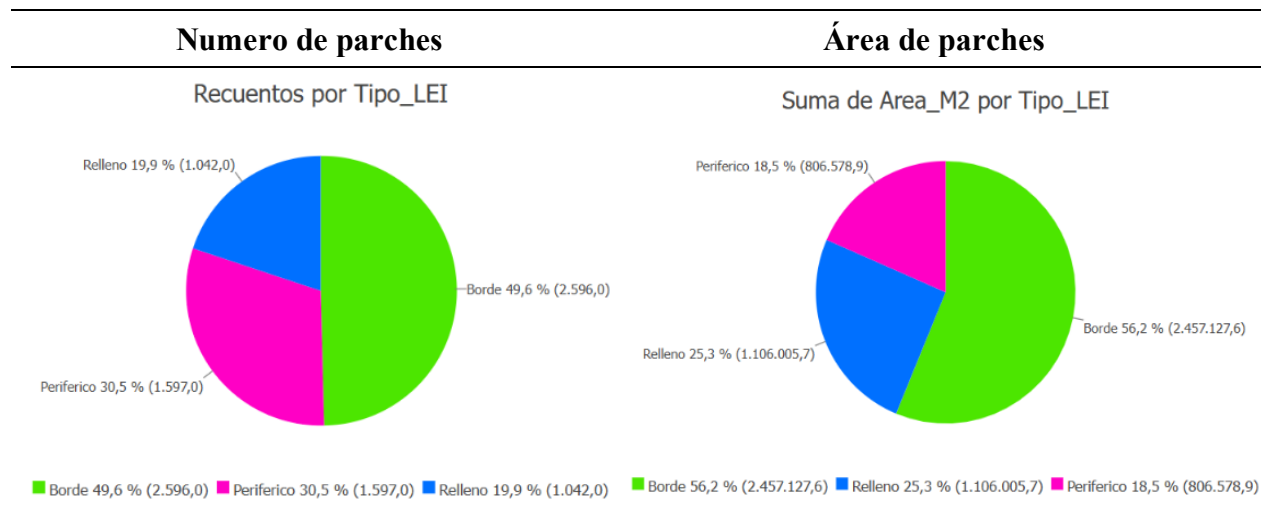
<b>Tipo de crecimiento</b>	<b>N.º de parches</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>% por N.º de parches</b>	<b>% por área</b>
Borde	2.596	245,71	49,6 %	56,2 %
Periférico (aislado)	1.597	80,66	30,5 %	18,5 %
Relleno	1.042	110,6	19,9 %	25,3 %
<b>Total</b>	<b>5.235</b>	<b>436,97</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>

Estos resultados evidencian una dinámica de expansión urbana mixta, en la que predomina el crecimiento adyacente al tejido urbano existente (borde), pero también se registran procesos de densificación interna (relleno) y urbanización aislada (periférico).

Como complemento al análisis espacial, la Figura 12 presenta gráficamente la proporción del crecimiento según el número y el área de los parches identificados. El crecimiento por borde concentra el 49,6 % del total de parches y representa el 56,2 % de la superficie transformada durante el periodo 2015–2020. Le sigue el crecimiento periférico, con el 30,5 % de los parches y el 18,5 % del área. Por su parte, el crecimiento por relleno, aunque menos frecuente (19,9 % de parches), abarca el 25,3 % del área intervenida, lo que confirma la importancia de los procesos de ocupación interna en la configuración urbana reciente de Jamundí.

**Figura 12.**

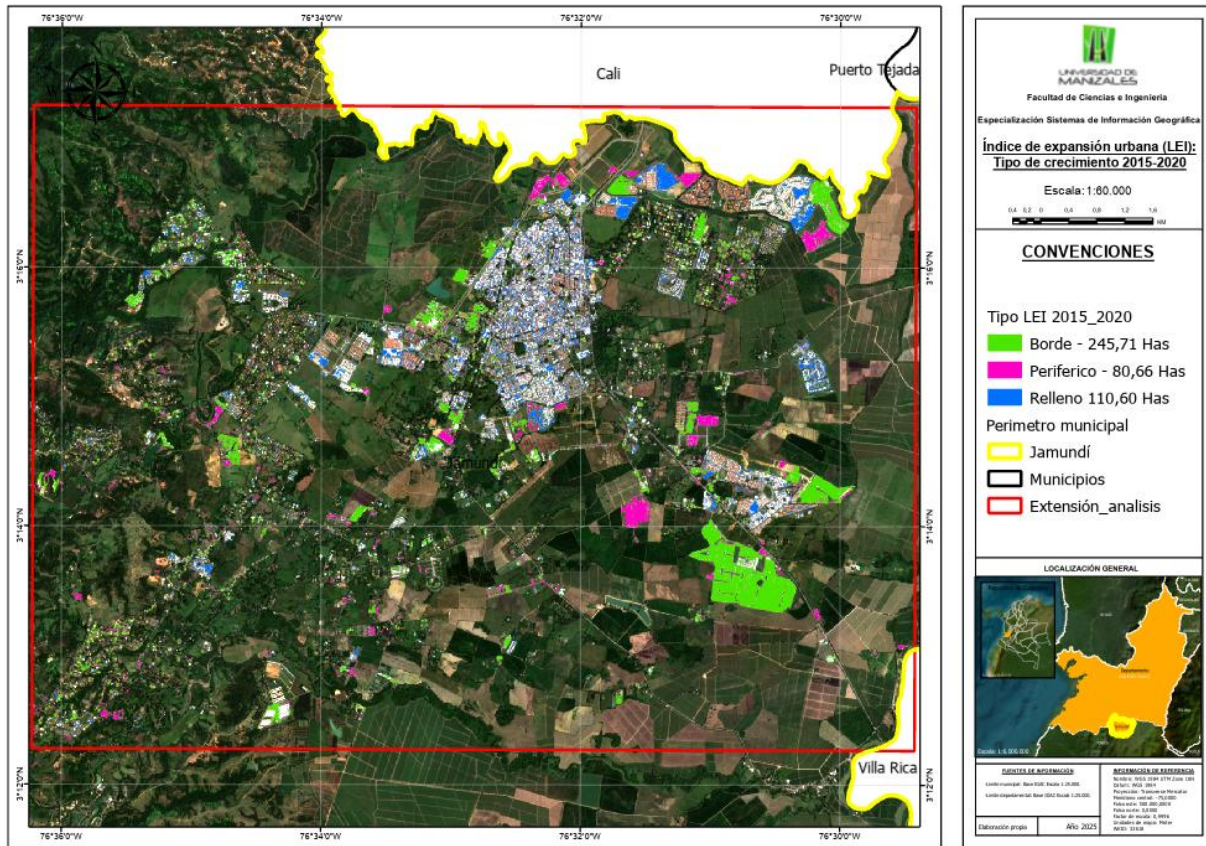
*Distribución del número y área de parches por tipo de crecimiento urbano (2015–2020).*



La Figura 13 muestra la distribución espacial de los tres tipos de crecimiento urbano identificados mediante el índice de expansión urbana (LEI): crecimiento por borde (verde), periférico (fucsia) y relleno (azul). Los parches asociados al crecimiento por borde se ubican principalmente alrededor del casco urbano consolidado, siguiendo una expansión continua. En contraste, los desarrollos periféricos presentan una distribución más dispersa, especialmente hacia la zona sur del municipio. Por su parte, los procesos de relleno se concentran en áreas previamente urbanizadas, con mayor presencia en los sectores norte y centro de la mancha urbana.

**Figura 13.**

*Tipología del crecimiento urbano en Jamundí para el periodo 2015–2020.*



### 10.2.3.2. Tipo de crecimiento urbano 2020 – 2024

Durante el periodo 2020–2024, Jamundí continuó con un proceso de expansión urbana considerable dentro del área urbana y suburbana analizada. En total, se transformaron 599,73 hectáreas en nuevas zonas urbanizadas, lo que representa un aumento del 45,45 % respecto al área clasificada como urbana en 2020.

El análisis del Índice de Expansión Urbana (LEI) permitió clasificar estas nuevas áreas según su relación espacial con la mancha urbana existente: relleno, borde y periférico.

El crecimiento por relleno fue el patrón predominante en términos de superficie, con 305,03 hectáreas (50,90 % del total). Aunque este tipo de expansión solo comprendió 957 parches, su extensión evidencia una clara tendencia a ocupar vacíos dentro del tejido urbano

consolidado. En segundo lugar, se ubicó el crecimiento por borde, con 244,60 hectáreas (40,80 %). Este tipo registró la mayor cantidad de parches (3.098), lo que indica una expansión continua en contacto con áreas previamente urbanizadas. El crecimiento periférico asociado a desarrollos desconectados o más alejados representó 50,10 hectáreas (8,40 %), distribuidas en 1.757 parches.

Estos resultados reflejan una intensificación del aprovechamiento de espacios internos (relleno), sin que ello signifique una desaparición de los desarrollos dispersos. El detalle por tipo de crecimiento se presenta en la Tabla 8.

**Tabla 8.**

*Distribución del tipo de crecimiento urbano en el área urbana y suburbana de Jamundí (2020–2024).*

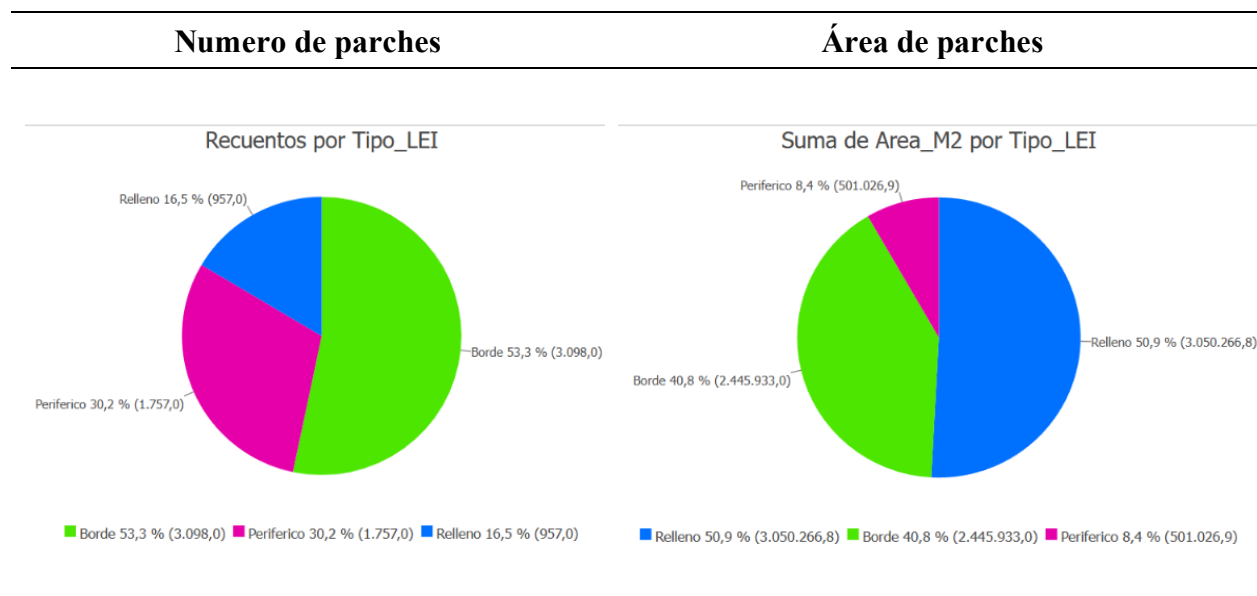
Tipo de crecimiento	N.º de parches	Área (ha)	% por N.º de parches	% por área
Relleno	957	305,03	16,50 %	50,90 %
Borde	3.098	244,60	53,30 %	40,80 %
Periférico	1.757	50,10	30,20 %	8,40 %
<b>Total</b>	<b>5.812</b>	<b>599,73</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>

La Figura 14 muestra los diagramas circulares con la proporción relativa del número de parches y del área total transformada para cada tipo de crecimiento urbano entre 2020 y 2024. En términos de cantidad, el crecimiento por borde fue el más frecuente, con el 53,3 % de los parches identificados, seguido por el crecimiento periférico (30,2 %) y el de relleno (16,5 %). No obstante, al analizar la distribución por superficie, el comportamiento es distinto. El crecimiento por relleno concentró la mayor proporción del área transformada, con un 50,9 %, superando al

crecimiento por borde (40,8 %) y al periférico (8,4 %). Esta diferencia entre frecuencia y superficie sugiere que los procesos de relleno, aunque menos numerosos, abarcan espacios más extensos, lo que refuerza su papel en la densificación del área urbana existente.

### Figura 14.

*Distribución del número y área de parches por tipo de crecimiento urbano (2020–2024).*



La Figura 15 presenta la distribución espacial de los tres tipos de crecimiento urbano identificados mediante el índice de expansión urbana (LEI): relleno (verde), borde (rojo) y periférico (fucsia). Los desarrollos por borde se agrupan alrededor del casco urbano, formando una franja continua que se extiende en múltiples direcciones. En contraste, los parches de crecimiento periférico aparecen más dispersos, con mayor concentración hacia el sur y suroeste del área de estudio. Por su parte, los procesos de relleno se localizan dentro de zonas previamente urbanizadas, con mayor presencia en el centro y norte del municipio.

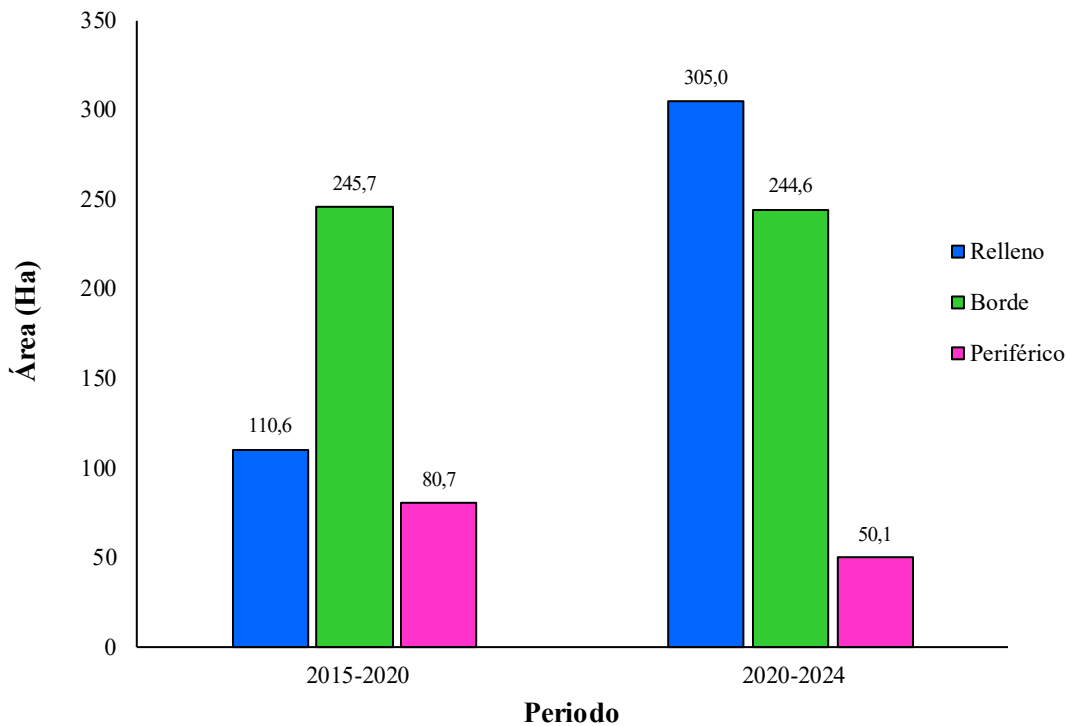


La Figura 16 sintetiza la evolución del área urbanizada según la tipología de expansión. Entre 2015 y 2020, el crecimiento se concentró mayoritariamente en los bordes del tejido urbano, con 245,71 hectáreas (56,2 % del total), seguido por el crecimiento por relleno, que aportó 110,60 hectáreas (25,3 %), y el crecimiento periférico, con 80,66 hectáreas (18,5 %).

En el periodo 2020-2024, se evidencia un cambio de tendencia. El crecimiento por relleno se posiciona como el patrón dominante en términos de superficie, alcanzando 305,03 hectáreas (50,9 %). El crecimiento por borde se mantuvo relativamente estable, con 244,60 hectáreas (40,8 %), mientras que el crecimiento periférico disminuyó de forma significativa, con apenas 50,10 hectáreas (8,4 %).

**Figura 16.**

*Comparación del área urbanizada por tipo de crecimiento urbano en Jamundí entre 2015–2020 y 2020–2024.*

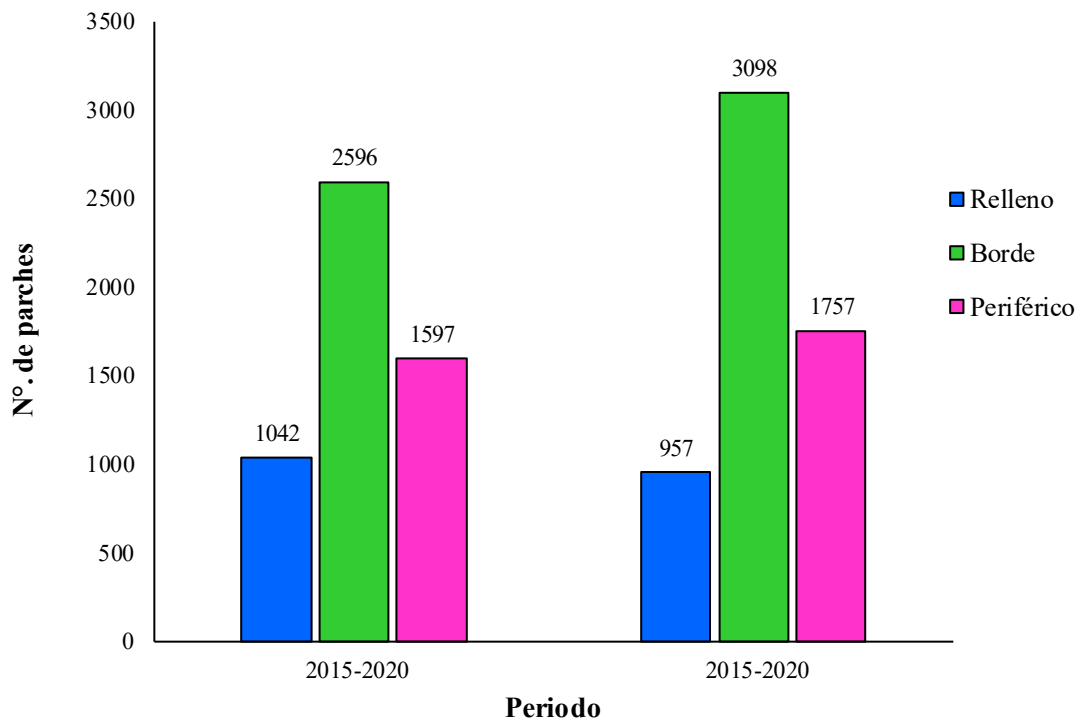


La Figura 17 presenta la comparación del número de parches urbanos según el tipo de crecimiento. Entre ambos periodos, se evidencia un aumento general en la cantidad de parches, pasando de 5.235 en 2015–2020 a 5.812 en 2020–2024. El crecimiento por borde siguió siendo el más frecuente, con un incremento de 2.596 a 3.098 parches. También aumentó la cantidad de parches periféricos, de 1.597 a 1.757, a pesar de que su contribución en superficie fue menor.

En contraste, el número de parches por relleno disminuyó ligeramente, pasando de 1.042 a 957. Sin embargo, este comportamiento no refleja una pérdida de relevancia, sino todo lo contrario: el área ocupada por este tipo de crecimiento aumentó de forma significativa, lo que sugiere un proceso de consolidación más eficiente en zonas ya urbanizadas.

**Figura 17.**

*Comparación del número de parches urbanos por tipo de crecimiento en Jamundí entre 2015–2020 y 2020–2024.*



En conjunto, los resultados reflejan una transición en la dinámica de expansión urbana de Jamundí. Mientras que en el primer periodo predominaban los crecimientos por borde y de tipo periférico, en los años más recientes se consolida una tendencia hacia el relleno urbano. Este cambio responde a procesos de densificación, al aprovechamiento de espacios vacantes dentro del perímetro urbano y a una creciente presión sobre zonas que ya cuentan con infraestructura instalada.

#### **10.2.3.4. Evaluación del índice de expansión urbana mediante MEI y AWMEI**

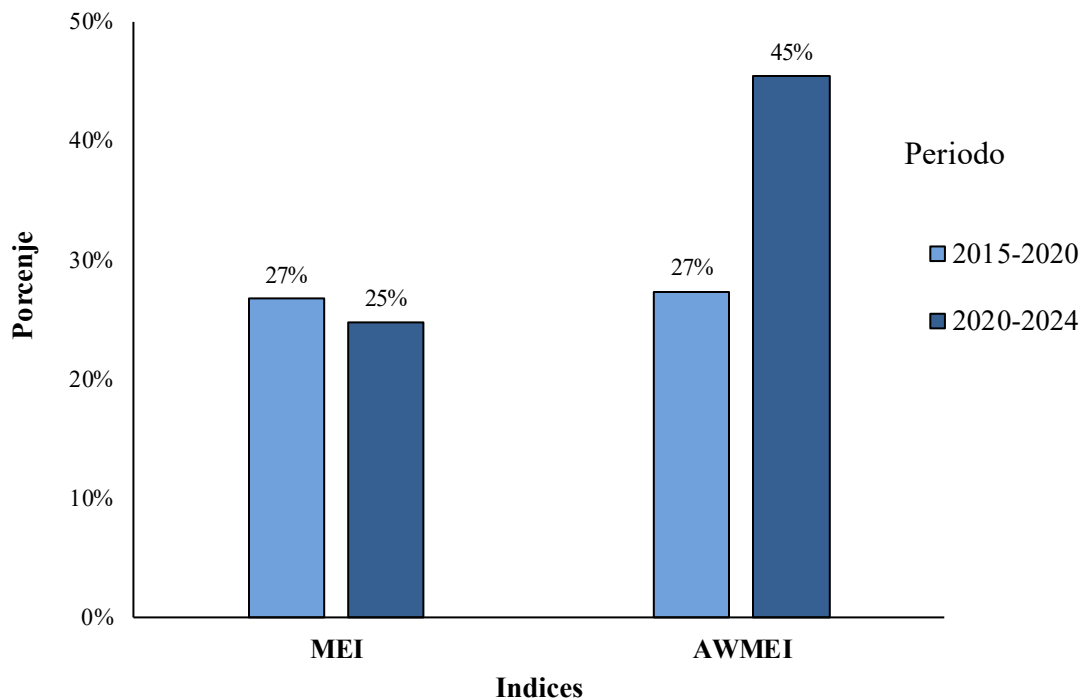
Como complemento a la caracterización del crecimiento urbano, se calcularon dos indicadores de síntesis derivados del LEI: el Índice de Expansión Media (MEI) y el Índice de Expansión Media Ponderada por Área (AWMEI). Estos indicadores permiten interpretar el patrón de urbanización de forma global, considerando tanto la frecuencia (MEI) como la magnitud espacial (AWMEI) de los parches clasificados.

Durante el periodo 2015–2020, el MEI fue de 26,72 %, lo que sugiere que la mayoría de los nuevos parches urbanos correspondieron al crecimiento por borde, aunque con cierta incidencia de desarrollos periféricos que reducen el valor promedio. El AWMEI, por su parte, alcanzó 27,37 %, lo que refuerza esta lectura: las expansiones más extensas también se alinearon principalmente con el patrón de borde.

Para el periodo 2020–2024, el comportamiento fue diferente. El MEI bajó a 24,71 %, señalando una mayor presencia de parches con menor integración al tejido urbano —como los de tipo periférico— o una distribución más dispersa. Sin embargo, el AWMEI aumentó de forma notable hasta 45,40 %, lo que revela que, aunque hubo más fragmentación en términos de cantidad de parches, las transformaciones de mayor superficie se concentraron en zonas internas del área urbana, asociadas principalmente al crecimiento por relleno (ver Figura 18).

**Figura 18.**

*Comparación del MEI y AWMEI en el área urbana y suburbana de Jamundí entre 2015–2020 y 2020–2024.*



En síntesis, los valores del MEI y el AWMEI confirman un cambio en el patrón de crecimiento urbano entre los dos periodos evaluados. Mientras que entre 2015 y 2020 dominó la expansión por borde, el periodo 2020–2024 mostró una mayor fragmentación, acompañada del desarrollo de grandes parches en zonas ya urbanizadas. Este comportamiento señala una tendencia reciente hacia la densificación del área urbana consolidada, aunque los procesos de expansión dispersa en la periferia aún se mantienen activos.

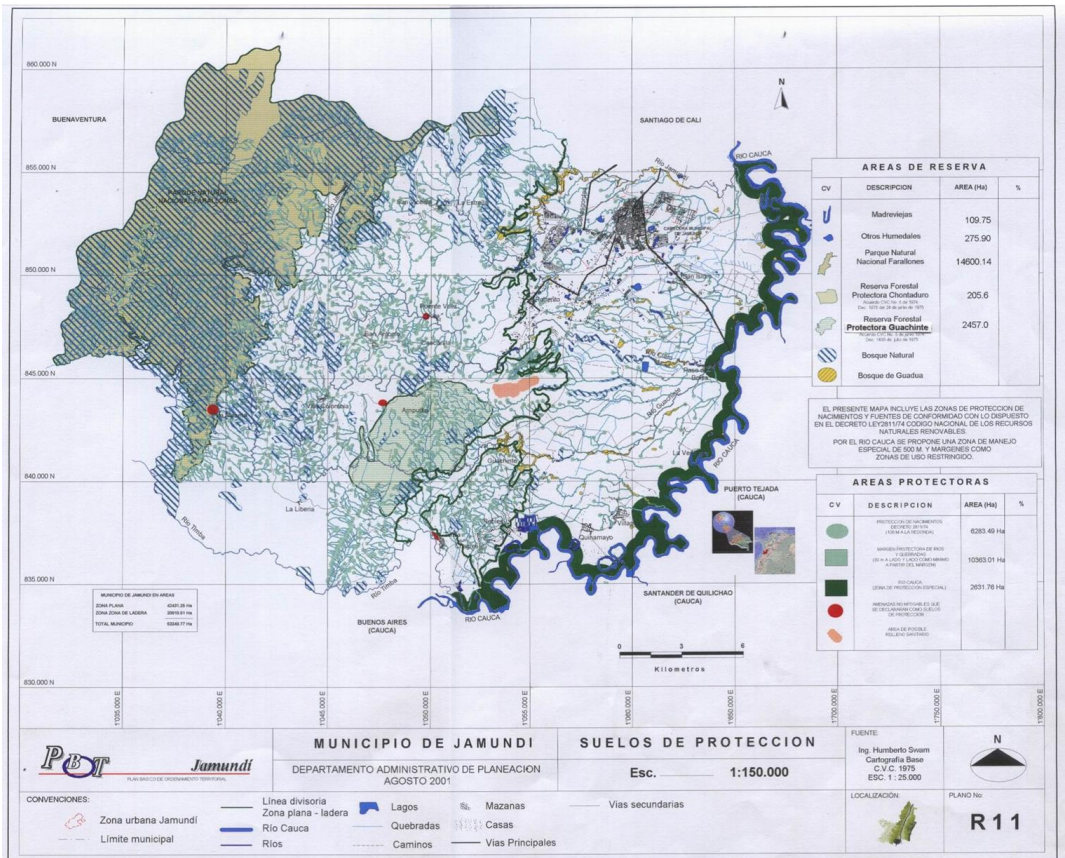
---

### **10.3. Caracterizar descriptivamente los impactos ambientales y socioeconómicos en el municipio de Jamundí debido a las dinámicas de expansión urbana.**

A partir del análisis de patrones de expansión urbana identificados mediante el índice LEI y sus derivados, se procede a caracterizar de manera descriptiva los impactos ambientales y socioeconómicos asociados a la ocupación en el municipio de Jamundí.

Es fundamental partir de la idea que la configuración ambiental y territorial del paisaje son el reflejo directo de decisiones y dinámicas humanas. Procesos como la expansión urbana, las parcelaciones rurales, los proyectos inmobiliarios, la instalación de infraestructura y la intensificación agropecuaria y productiva configuran un patrón de ocupación territorial que altera la estructura ecológica original. Esta ocupación no solo modifica el uso del suelo, sino que reconfigura la funcionalidad ecosistémica, fragmenta hábitats, y tensiona las áreas que deberían cumplir roles de conservación o regulación ambiental.

El Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) vigente del municipio de Jamundí, en su artículo 31, reconoce como sistema ambiental de soporte al río Cauca; las cuencas de los ríos Jamundí, Claro, Guachinte y Timba, junto con los corredores biológicos conformados por sus afluentes; el Parque Nacional Natural Farallones de Cali; y los ecosistemas de bosque y humedal presentes en el municipio.

**Figura 19.***Suelos de protección Municipio de Jamundí.**Fuente: PBOT Jamundí 2002.*

### 10.3.1. Estructura ecológica principal (EEP)

Jamundí cuenta con escenarios estratégicos y componentes esenciales que integran su estructura ecológica principal, la cual constituye el soporte vital para los bienes y servicios ecosistémicos del territorio, además de ser un eje clave para impulsar la sostenibilidad ambiental y el desarrollo socioeconómico de sus habitantes. En este contexto el artículo 10 de la ley 388 de 1997 relacionado con los determinantes de ordenamiento territorial, junto con la resolución 0100 No. 0500 0544 de 2023 emitida por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

(CVC), mediante la cual se actualizan los determinantes ambientales a escala departamental en la Estructura Ecológica y los riesgos para los procesos de planificación territorial en su área de jurisdicción, permitió realizar un diagnóstico e identificar nuevos elementos que complementan y amplían los definidos en el PBOT de 2002.

El cruce espacial entre los elementos identificados de la Estructura Ecológica Principal, el comportamiento de la ocupación territorial y el crecimiento poblacional en el municipio de Jamundí evidencian una presión sostenida sobre los espacios de soporte ecológico. Esta interacción permitió identificar un patrón de transformación intensiva sobre elementos estratégicos del paisaje, particularmente aquellos vinculados a la regulación hídrica, conservación ambiental y ordenamiento territorial.

El primer escenario analizado corresponde al Sistema Ambiental y Territorial de Soporte, en el cual se agruparon componentes funcionales clave como el sistema hidrológico (ríos y humedales), los acueductos rurales, el modelo de ordenación ambiental del POMCA Jamundí, las áreas protegidas oficiales del RUNAP, los predios adquiridos mediante el artículo 111 de la Ley 99 de 1993, las zonas de amortiguación y las áreas protegidas de carácter étnico.

En estos se puede evidenciar que la ocupación territorial y la tendencia de crecimiento del municipio se concentra mayoritariamente sobre la cuenca baja de dos ríos principales como Jamundí y Claro, además sobre su sistema de lagunas naturales y artificiales, y la zona plana con alta capacidad para la recarga de acuíferos, esto indiscutiblemente genera alteraciones sobre las rondas hídricas por ocupación del cauce, al mismo tiempo que desarticula procesos conectividad por la transformación de bosques ribereños, intensifica la demanda lo que reduce el caudal, y aumenta el aporte de contaminantes derivados de actividades humanas e industriales.

---

Del mismo modo, el Río Cauca, de los más importantes del país por su extensión, su papel hídrico en diferentes regiones y su representatividad en ámbitos económicos y culturales de los territorios por donde transita, que, entre otras cosas, está declarado como sujeto especial de derecho de acuerdo con la Sentencia T-038 de 2019, no presenta ocupaciones significativas asociadas a urbanización, en lo que concierne a la jurisdicción del municipio de Jamundí, lo cual es positivo desde una perspectiva de gestión del riesgo, ya que reduce la exposición de la población a posibles inundaciones, no obstante, carece de área forestal protectora.

Desde la perspectiva de ordenamiento territorial, sobre este mismo corredor del Río Cauca, se destaca la importante declaratoria del distrito de conservación de suelos Bocas del Palo, mediante el cual se delimita esta área, además cercana a la zona urbana, que de acuerdo con Plan de manejo del Distrito de Conservación de Suelos Bocas del Palo (CVC, 2024) busca de forma progresiva en este paisaje la preservación de la biodiversidad, y la restauración de áreas priorizadas del ecosistema de bosque cálido húmedo en planicie aluvial y la franja que por ley no debe ser inferior a 30 metros a cada lado del cauce del río y cuerpos de agua, así como la recuperación de la capacidad productiva de sus suelos bajo sistemas sostenibles y tradicionales del Consejo Comunitario de Comunidades Negras de Bocas del Palo y de los habitantes del corregimiento de Bocas del Palo.

En este mismo componente, es de especial relevancia destacar la presencia del Parque Nacional Natural Farallones de Cali, que abarca dentro de la jurisdicción del municipio de Jamundí un total de 13.836 Hectáreas en el que se conservan ecosistemas estratégicos como el bosque subandino, altoandino y páramo, que resguardan la diversidad biológica y que funciona como el principal sistema de soporte ambiental para el municipio por los bienes y servicios que se generan, ya que aquí nacen los ríos fundamentales como el Claro, Jamundí, Timba, Jordán y

---

Pital, que sirven a los acueductos rurales y urbanos del municipio. El hecho de encontrarse bajo una figura de estricta conservación garantiza de cierta medida la priorización de su integridad ecológica que lo habilita en el contexto del ordenamiento territorial como suelo de protección no compatible con procesos de ocupación y usos productivos, no obstante, sobre sus límites y zona amortiguadora existen algunas fincas pecuarias que han generado transformaciones.

También las iniciativas públicas y privadas identificadas bajo figuras de conservación ambiental y étnica, contribuyen al ordenamiento organizado y planeado del territorio, entre ellas las Reservas Naturales de la Sociedad Civil Miravalle, Cusagui y Los Bosques de Colindres, el resguardo indígena Paez de La Cristalina - Kwes Kiwe Nasa y el consejo comunitario Consejo Comunitario del Corregimiento de Quinamayó, los cuales son modelos que aunque son compatibles con usos, cuentan con planes de ordenamientos orientados a la sostenibilidad ambiental y la productividad sostenible. Asimismo, encontramos el predio La Meseta adquirido para la conservación del recurso hídrico a través de recursos del artículo 111 de la ley 99 del 1993.

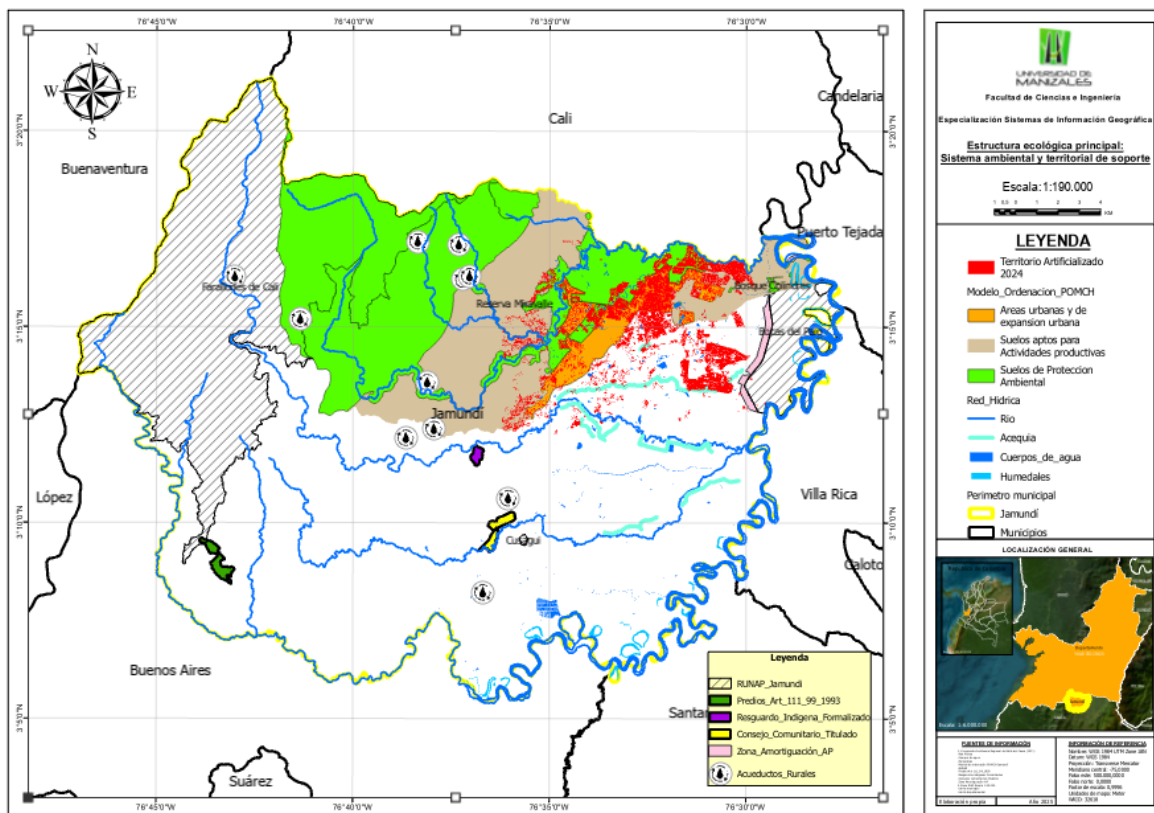
Finalmente, resulta pertinente reconocer el trabajo de los entes territoriales en la formulación y adopción del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Jamundí (POMCA), un instrumento fundamental en el ordenamiento ambiental y territorial de las cuencas, contemplando la planificación de los usos del suelo, la gestión de riesgos y la protección de recursos naturales. La zonificación incluye tres categorías de uso y manejo: suelos de protección ambiental, áreas urbanas y de expansión urbana, y suelos aptos para actividades productivas.

Del instrumento POMCA Jamundí, se puede evidenciar un incumplimiento de este, no solo por la incompatibilidad de la zonificación con las actividades ya existentes, sino también

por la expansión urbana que sigue avanzando sobre suelos que están categorizados de protección ambiental. Esta situación refleja debilidades en la articulación entre la planificación ambiental y el desarrollo urbano, lo que limita la eficacia del ordenamiento territorial. Además, es común encontrar entre los entes territoriales y también con los privados una baja articulación, lo que dificulta la implementación de un modelo de desarrollo organizado, sostenible y coherente con las capacidades ecológicas del municipio.

**Figura 20.**

*Estructura ecológica principal. Sistema ambiental y territorial de soporte*



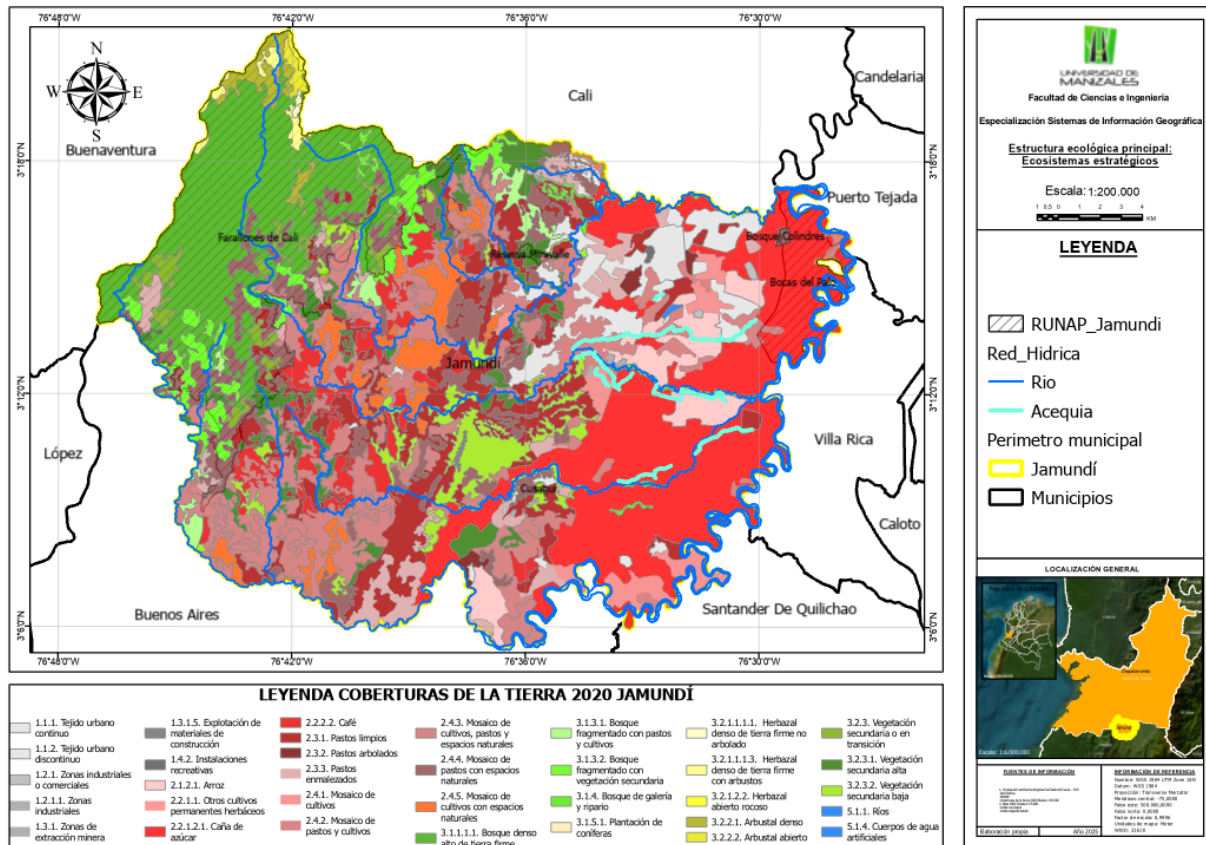
Otro escenario de análisis de los aspectos vinculantes de la estructura ecológica principal tiene que ver con los ecosistemas estratégicos, para esto, se consideran los levantamientos más recientes desarrollados por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) respecto a coberturas de la tierra presentes en el municipio, las cuales se pueden apreciar en estado natural, seminatural y transformadas.

Como lo muestra la Figura 21, la matriz del paisaje del municipio de Jamundí se encuentra predominantemente transformada y fragmentada, el 71% de los usos del suelo se encuentran asociados actividades pecuarias, monocultivos de cañas, y procesos de expansión urbana. La cobertura boscosa es escasa, sobre todo en la zona plana, o que ha conllevado a la pérdida de conectividad ecológica fundamental para los procesos de intercambio biológico y funcionalidad ecosistémica.

El principal sistema de soporte ecológico asociado a coberturas boscosas se localiza en la zona occidental y noroccidental del municipio, vinculado directamente a la presencia del Parque Nacional Natural Farallones de Cali, área de estricta conservación, en donde se originan de sus paramos y bosques andinos múltiples bienes y servicios ambientales esenciales para el desarrollo ambiental y socioeconómico del municipio, entre ellos el recurso hídrico, que abastece tanto a la población y sus actividades domésticas, como al sector económico agropecuario e industrial. No obstante, se evidencia una transformación significativa del paisaje sobre esta área protegida, particularmente por pastoreo, en donde se han modificado 2643 hectáreas (19%) de sus coberturas, si estas transformaciones continúan avanzando, podrían generar desequilibrios ecológicos considerables, afectando la base natural más extensa y estratégica del municipio.

**Figura 21.**

*Estructura ecológica principal. Ecosistemas estratégicos.*



### 10.3.2. Diagnostico socioeconómico

En cuanto al componente social y económico del municipio de Jamundí, este territorio representa un caso de estudio particularmente interesante debido a su acelerada dinámica de transformación urbana, crecimiento económico y poblacional. Una nota especial publicada por el periódico El País (2023), destaca su papel como el tercer municipio del departamento con mayor producción en términos económicos y por su dinamismo urbano lo perfila como una de las

ciudades con mayor crecimiento urbanístico de la región. Estas afirmaciones guardan coherencia frente a los datos disponibles y que se presentan a continuación.

El crecimiento poblacional total del municipio de Jamundí pasó de 93.556 habitantes en 2005 a 131.806 en 2018, lo que significa un incremento absoluto de 38.250 personas en 13 años (crecimiento del 40,9%), una tasa de crecimiento acelerada comparado con lo que ocurre en el mismo periodo para el departamento (-6,5%) y el país (6,10%). Este crecimiento se concentró en la cabecera municipal, que aumentó en 36.551 personas (de 65.179 a 101.730), mientras que el área rural y centros poblados solo creció en 1.699 personas, lo que indica una expansión urbana acelerada, como se evidencia en los análisis del presente estudio asociado al incremento del territorio artificializado. Las proyecciones del Dane por su parte revelan que en el periodo de 2018-2025 el crecimiento continúa siendo constante, y aunque entre 2025-2035 se estabiliza, se sigue trasladando hacia la zona urbana, esto implica mayores retos frente al ordenamiento territorial y la provisión eficiente de bienes y servicios.

### Tabla 9.

*Población censada, promedio de personas por hogar y proyecciones demográficas en Jamundí (2005, 2018, 2025 y 2035).*

Entidad territorial	Total, personas censadas				Personas por hogar (promedio)		
	CNPV 2018	CNPV 2005	Clase geográfica	CNPV 2018	CNPV 2005	CNPV 2018	CNPV 2005
Colombia	44.164.417	41.468.384	Cabecera	33.905.550	31.510.379	3,0	3,18
			Centro poblado y Rural disperso	9.929.774	9.958.005	3,2	4,2
Valle del Cauca	3.789.874	4.052.535	Cabecera	3.242.187	3.516.179	3,0	3,7
			Centro poblado y Rural disperso	547.687	536.356	2,9	3,8
Jamundí	131.806	93.556	Cabecera	101.730	65.179	3,1	4,0

Entidad territorial	Total, personas censadas				Personas por hogar (promedio)		
	CNPV 2018	CNPV 2005	Clase geográfica	CNPV 2018	CNPV 2005	CNPV 2018	CNPV 2005
			Centro poblado y Rural disperso	30.076	28.377	3,0	3,7
Total, hogares particulares			Personas por hogar (promedio)				
	CNPV 2018	CNPV 2005	CNPV 2018	CNPV 2005	<b>Proyección poblacionales</b>		
Colombia	14.243.223	10.570.899	3,1	3,9			
Valle del Cauca	1.267.039	1.073.508	3,0	3,8	Clase geográfica	2025	2035
					Cabecera Municipal	143.534	148.251
Jamundí	<b>41.733</b>	<b>24.026</b>	3,0	3,9	<b>Centros Poblados y Rural Disperso</b>	38.408	36.157

Fuente: Elaboración propia con base en DANE (2005, 2018, 2025, 2035).

Paralelamente, los censos en los periodos 2005 y 2018 evidencian respecto a la cobertura de servicios públicos domiciliarios en Jamundí, incluso en el contexto de un crecimiento poblacional acelerado, estos resultados reflejan una gestión efectiva de la planeación urbana y oportuna provisión de infraestructura básica. Sin embargo, es importante continuar planteándose este escenario en los retos de la sostenibilidad de los ecosistemas de soporte para continuar garantizando la calidad y equitativa atención de las necesidades básicas de la población.

**Tabla 10.***Coberturas de servicios domiciliarios en Jamundí (2005, 2018).*

Información de Viviendas	Municipio/Departamento	Cobertura de Servicios domiciliarios					
		Energía eléctrica	Acueducto	Alcantarillado	Gas**	Recolección de basuras	Internet **
CNPV 2018	Colombia	96,3%	86,4%	76,6%	67,3%	81,6%	43,8%
	Valle del Cauca	98,8%	95,4%	90,9%	82,1%	93,9%	56,0%
	Jamundí	98,6%	95,1%	87,4%	75,0%	88,0%	54,9%
CG 2005	Colombia	93,6%	83,4%	73,1%	40,4%	ND	ND
	Valle del Cauca	97,8%	94,0%	89,7%	46,8%	ND	ND
	Jamundí	96,9%	92,6%	84,0%	41,9%	ND	ND

Nota: ND (No disponible), el denominador no incluye las viviendas en las que no se respondió a esta pregunta, es decir no incluye “sin información”

A la luz de ese aumento en la población y el creciente desarrollo, en lo que concierne al sector económico, los informes sobre valor agregado del municipio Jamundí construidos por la Cámara de Comercio de Cali (2024) con datos Dane, refuerzan su fortaleza, toda vez que paso de generar 1,5 Billones en 2014 a 3,6 Billones en 2022 en tres grandes sectores: primario, secundario y terciario

- *Sector primario*: Incluye las actividades de agricultura, ganadería, silvicultura y pesca; y explotación de minas y canteras
- *Sector secundario*: Incluye las actividades de industrias manufactureras y construcción
- *Sector terciario*: Incluye las actividades de electricidad, gas y agua; comercio; reparación de vehículos automotores; transporte; alojamiento y servicios de comida; información y comunicaciones actividades financieras y de seguros; actividades inmobiliarias; actividades profesionales, científicas y técnicas; actividades de servicios administrativos y de apoyo;

---

administración pública; educación; salud; actividades artísticas, de entretenimiento y recreación; actividades de los hogares individuales.

Aunque las actividades del sector primario, particularmente aquellas relacionadas con la agropecuaria como el pastoreo, cultivos de caña y arroz dominan la matriz de paisaje y el uso histórico del suelo, este sector se ubicó como el de menor contribución, con solo un 12,9% del total generado por el municipio, lo que evidencia una desvinculación progresiva entre la vocación territorial tradicional y la dinámica económica urbana emergente; seguido del sector secundario con una contribución de 17,1% especialmente por el evidente desarrollo de proyectos inmobiliarios dados en el casco urbano; y por último, y de mayor relevancia, el sector terciario con un 70% del valor agregado, posicionándose como el principal componente de desarrollo económico, lo cual puede asociarse a una amplia oferta y demanda de servicios urbanos y la ocupación productiva.

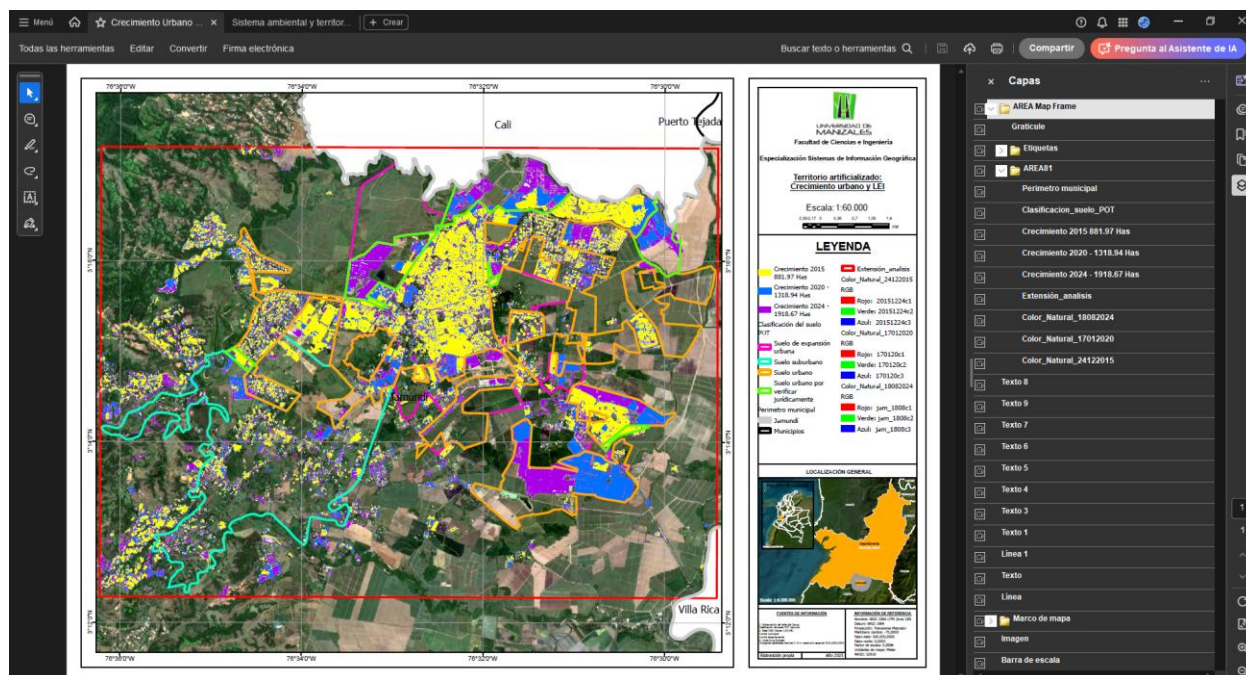
#### **10.4. Visualizar y representar de manera gráfica la cuantificación de los resultados obtenidos en la identificación de las áreas de crecimiento urbano.**

Toda la información geoespacial representada en imágenes satelitales y archivos vectoriales tanto los generados durante el desarrollo del proyecto, como los obtenidos de otras fuentes de información, correspondiente a las etapas de diagnóstico, procesamientos y análisis, fue organizada en tres formatos técnicos: PDF vectorial, Paquete de proyecto (.ppkx) y geodatabase file (.gdb). Estos insumos permiten la representación de los resultados obtenidos en este proyecto, la edición, gestión, consulta y exportación para su utilidad en otros procesos.

Como producto principal de representación cartográfica, se generaron [mapas en formato PDF vectorial](#), contruidos a partir de los análisis asociados a la expansión urbana. Este tipo de archivo destaca por su facilidad de lectura y por ser accesible mediante una herramienta universal como el Formato de Documento Portátil (PDF). A pesar de su sencillez operativa, incorporan simbología técnica, leyendas interpretativas e información geoespacial estructurada, la cual puede ser gestionada mediante la activación o desactivación de capas según las necesidades. Su resolución optimizada y diseño gráfico permiten su utilización en procesos de divulgación, socialización y documentación técnica.

## Figura 22.

*Representación cartográfica de resultados a través de PDF vectoriales.*



[Paquete de proyecto \(ppkx\)](#) El paquete de proyecto (ppkx) fue elegido como formato de entrega porque, a diferencia de un archivo de proyecto convencional, permite conservar en un único archivo todas las capas, simbologías y configuraciones empleadas en el análisis. Esto

---

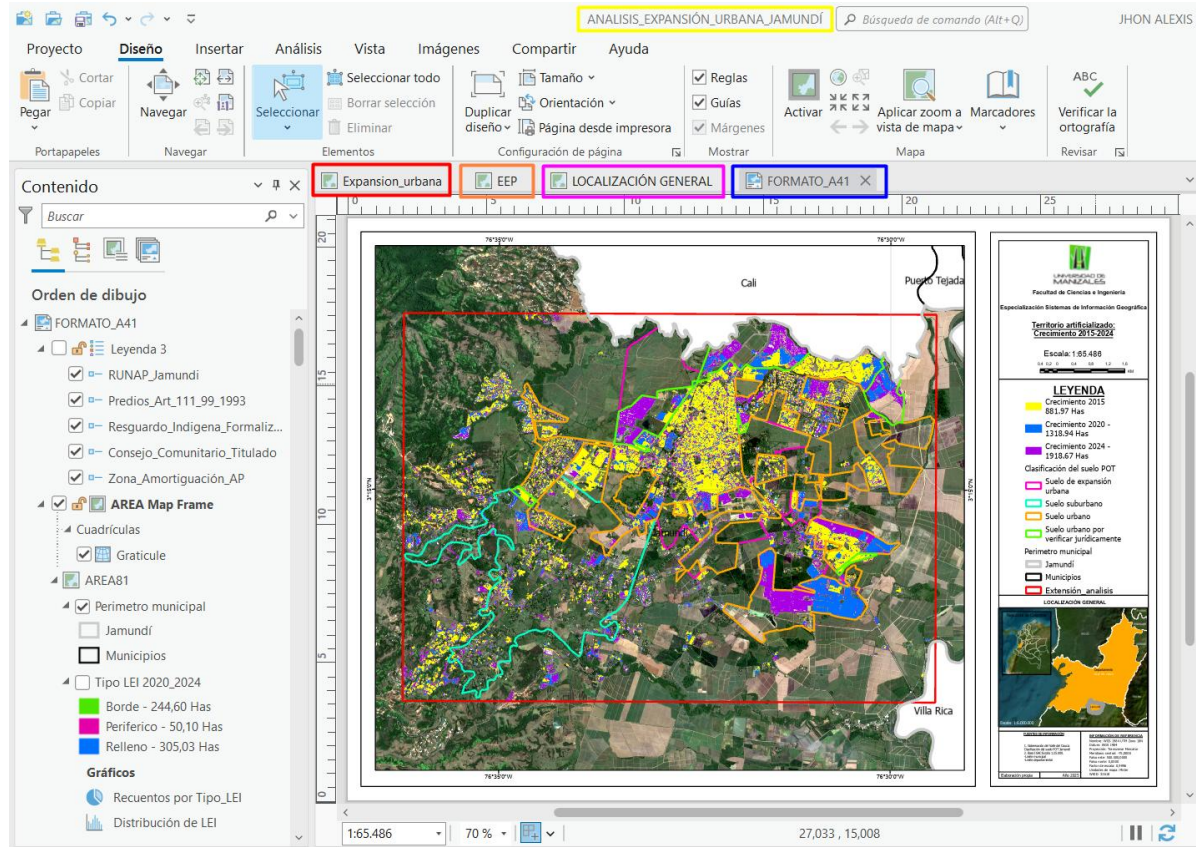
garantiza que la información no dependa de rutas locales ni de carpetas externas, evitando la pérdida de vínculos y asegurando que los resultados puedan abrirse y revisarse de manera íntegra en cualquier equipo.

Su uso responde a la necesidad de mantener la trazabilidad y portabilidad del trabajo, al tiempo que facilita la replicación del proceso metodológico. De esta forma, el paquete reúne tanto los insumos como la organización temática aplicada, lo que permite a otros investigadores o instituciones explorar el flujo de trabajo, reproducir los análisis o incorporar información adicional sin alterar la coherencia del proyecto original.

Además, el formato ppx asegura que las simbologías y configuraciones se conserven tal como fueron aplicadas, ofreciendo un entorno más estable para la visualización y el análisis posterior. En ese sentido, se constituye en una herramienta práctica y robusta para garantizar la continuidad de este estudio y su posible integración en futuros ejercicios de investigación o planificación territorial.

**Figura 23.**

*Paquete de proyecto (ppkx) sobre el análisis de expansión urbana de Jamundí.*



Finalmente, se entrega una [Geodatabase](#) para el proyecto en archivo con extensión (.gdb). La estructura técnica esta ordenada por temáticas que contemplan la información espacial de los capítulos desarrollados en el presente documento. Su ventaja radica en que el contenido se almacena en un único archivo, lo que facilita su organización, respaldo y traslado. Su estructura incluye:

- *Análisis LEI*: Resultados finales del procesamiento de las capas correspondientes a la aplicación del Landscape Ecological Index para los años 2020 y 2024.

- 
- *Clasificación supervisada*: Los puntos de entrenamiento aplicados en cada periodo de análisis y los resultados de la clasificación para los años 2015, 2020 y 2024.
  - *Estructura Ecológica Principal*: La información ambiental y territorial de soporte extraída de GeoCVC para los análisis descriptivos de la expansión urbana frente a los determinantes ambientales.
  - *GDB POT 2023*: Capas de referencia sobre la propuesta de clasificación del suelo para el POT del municipio de Jamundí, Valle del Cauca.
  - *Multitemporal*: Las capas resultantes de consumo del suelo o crecimiento para los tres periodos analizados (2015, 2020 y 2024).

**Figura 24.**

*Geodatabase file (GDB) del proyecto, estructurada temáticamente de los diagnósticos y análisis desarrollados en el estudio de expansión urbana del municipio de Jamundí.*



---

## 11. Discusión

### 11.1. Dinámica de expansión urbana

Los resultados de este estudio dan cuenta de una transformación profunda en el paisaje urbano de Jamundí durante el periodo comprendido entre 2015 y 2024. En esos nueve años, el área artificializada dentro del suelo urbano y suburbano pasó de 881,97 hectáreas a 1.918,67 hectáreas, lo que equivale a un crecimiento acumulado del 117,54 %. Este proceso se dio de forma sostenida, con dos etapas marcadas: entre 2015 y 2020 el aumento fue del 49,54 %, y entre 2020 y 2024 se registró un nuevo incremento del 45,47 %, estas cifras dejan ver la continuidad de un proceso de urbanización que ha venido consolidándose con fuerza, generando cada vez más presión sobre el suelo disponible y sobre la capacidad instalada de infraestructura.

En el desarrollo de este análisis, los resultados espaciales fueron validados mediante la superposición con capas vectoriales de referencia y de carácter normativo, lo que permitió enmarcar los cambios detectados dentro de los límites oficiales reconocidos. Se emplearon el límite municipal y el perímetro urbano oficial del POT como marco de recorte y localización, mientras que la clasificación del suelo de Jamundí permitió contrastar la expansión observada con las categorías normativas de uso (urbano, de expansión y rural). A ello se sumó el uso de capas ambientales y normativas (RUNAP, POMCA, red hídrica y humedales), que ofrecieron un contexto más amplio para comprender la relación entre el crecimiento urbano y áreas de especial importancia ecosistémica.

En ese contexto, López (2021) señala que en Colombia la densidad urbana ha disminuido notoriamente en las últimas décadas, pasando de 134 a 90 habitantes por hectárea, una tendencia

que responde al crecimiento extensivo de la ciudad hacia zonas periféricas, muchas veces sin planificación adecuada. En el caso de Jamundí, el comportamiento registrado entre 2015 y 2020 confirma esa lógica: un crecimiento urbano predominantemente de borde, que representó el 56,2 % del área transformada. Este patrón encaja con lo señalado por Anzaldo (2017), quien sostiene que, en países como el nuestro, el desarrollo urbano sigue estando más influenciado por las dinámicas del mercado que por una planificación territorial efectiva.

Este panorama también encuentra respaldo en el análisis de Salazar Tamayo y Julio Estrada (2022), quienes advierten que más del 25 % del suelo urbano recientemente desarrollado en Colombia no estaba contemplado en los Planes de Ordenamiento Territorial (POT). Más que un dato aislado, esta cifra refleja una desconexión evidente entre lo normativo y la realidad del crecimiento urbano, y pone en evidencia las limitaciones institucionales para anticipar, gestionar y orientar adecuadamente la expansión del territorio. En Jamundí, esa brecha es especialmente notoria durante el periodo 2015-2020, en el que se identificaron 2.596 parches de crecimiento tipo borde que suman 245,71 hectáreas. Esta expansión representa el 49,6 % del total de nuevos parches registrados y el 56,2 % de la superficie artificializada en ese lapso, lo que confirma la continuidad de una urbanización adyacente pero desarticulada funcionalmente, que avanza sin coordinación con el modelo urbano establecido en los instrumentos de ordenamiento, y que responde más a las dinámicas del mercado que a la planeación técnica.

En contraste con la etapa anterior, el periodo 2020–2024 marca un punto de inflexión en la dinámica urbana de Jamundí, evidenciando un cambio en el patrón de expansión. Durante estos años, el crecimiento por relleno se convirtió en la forma predominante de urbanización, representando el 50,9 % del área artificializada nueva. Esta transición se refleja también en el comportamiento del índice AWMEI, que pasó de 27,37 a 45,40, lo que indica que los parches de

---

mayor tamaño comenzaron a concentrarse dentro del área urbana consolidada. Este giro hacia la densificación podría estar relacionado con la saturación del suelo periférico, el aumento en la valorización del suelo interno y los altos costos que implica extender servicios básicos hacia zonas dispersas.

Este tipo de comportamiento no es exclusivo del municipio. Casos similares se han documentado en otras ciudades intermedias, como La Calera (Cundinamarca), donde Díaz Cardozo, Masciullo Rubiano, Zamudio Arias y Cipagauta Carvajal (2023), identifican una transición progresiva desde un modelo de expansión extensiva hacia uno más compacto. Este cambio ha sido una respuesta a los efectos negativos del crecimiento disperso, especialmente en términos de movilidad, calidad del aire, cobertura de servicios y pérdida de cobertura vegetal en áreas urbanas.

En conjunto, los resultados para Jamundí confirman que la expansión urbana reciente no ha sido un fenómeno aleatorio, sino que responde a lógicas estructurales que también se repiten en otras ciudades intermedias del país. Sin embargo, la inflexión detectada hacia un patrón de relleno en años recientes puede representar una ventana de oportunidad para reorientar el modelo de crecimiento urbano hacia formas más eficientes, compactas y sostenibles, siempre que se acompañe de instrumentos de planificación fortalecidos y capacidades institucionales efectivas.

## **11.2. Implicaciones ambientales de la expansión urbana**

Los resultados obtenidos evidencian que el crecimiento urbano en Jamundí entre 2015 y 2024 ha tenido implicaciones ambientales significativas. Lejos de ser un proceso neutro, el incremento acumulado del 117,54 % en el área artificializada, al pasar de 881,97 hectáreas en

2015 a 1.918,67 hectáreas en 2024, ha implicado una transformación profunda del paisaje urbano y de sus bordes periurbanos. Esta expansión ha comprometido la conectividad ecológica, ha reducido la provisión de servicios ecosistémicos clave y ha disminuido la capacidad del territorio para amortiguar impactos como el aumento de temperatura, el incremento en la escorrentía superficial o la pérdida de biodiversidad asociada a la fragmentación del hábitat.

Durante el periodo 2015 a 2020, el predominio del crecimiento por borde, que representó el 56,2 % del área artificializada nueva, provocó una fragmentación acelerada de los espacios naturales y rurales que rodean la zona urbana. Este tipo de expansión, conformado por parches dispersos y poco conectados, tuvo un impacto directo sobre corredores ecológicos estratégicos como rondas hídricas, franjas de protección vegetal y zonas agrícolas de borde. La ocupación progresiva de estos espacios interrumpió los flujos biológicos y redujo la funcionalidad del paisaje. Como advierte Anzaldo (2017), los procesos de urbanización extensiva no solo comprometen suelo fértil, sino que alteran la matriz ecológica al introducir barreras físicas que degradan los servicios ecosistémicos de regulación, soporte y provisión.

Este fenómeno no es exclusivo de Jamundí. Barragán-Escandón, Carranza-Torres, Castañeda-Castro y Ruiz-Ramírez (2023) señalan que, en regiones tropicales de montaña en Colombia, la urbanización descontrolada ha generado una pérdida acelerada de áreas clave para la producción de agua, la cobertura vegetal protectora y hábitats esenciales para la fauna nativa. Bajo esa misma lógica, el proceso de expansión urbana que se observa en Jamundí plantea una amenaza concreta para la sostenibilidad del territorio. Esta situación resulta aún más crítica si se tiene en cuenta que buena parte del municipio se localiza en zonas de transición entre áreas agrícolas y ecosistemas estratégicos del Valle geográfico del río Cauca.

---

A partir de 2020 se evidencia una transición hacia un patrón de crecimiento por relleno, que representa el 50,9 % del área artificializada nueva. Si bien este cambio podría interpretarse como una oportunidad para avanzar hacia formas de urbanización más eficientes en el uso del suelo, también plantea nuevos retos desde el punto de vista ambiental. La densificación, si no viene acompañada de infraestructura verde y medidas de mitigación, puede generar impactos tan significativos como los del crecimiento extensivo. El aumento del índice AWMEI, de 27,37 a 45,40, muestra que los parches de mayor superficie se están concentrando en áreas previamente urbanizadas, lo que puede intensificar efectos como la isla de calor, la saturación de los sistemas de drenaje pluvial o el déficit de espacio público con cobertura vegetal. Tal como advierten los Cuadernos sobre Ciudades Sostenibles del Ministerio de Ambiente (2022), una densificación sin enfoque ambiental puede reproducir los mismos efectos negativos del crecimiento disperso, pero en entornos más vulnerables y con menor capacidad de adaptación.

El crecimiento urbano observado en Jamundí durante la última década ha tenido consecuencias ambientales significativas, tanto por la pérdida de suelo natural y agrícola como por el debilitamiento de la conectividad ecológica y los servicios ecosistémicos. Si bien la transición hacia un modelo de relleno urbano podría representar una oportunidad para optimizar el uso del suelo y reducir la presión sobre áreas de expansión, esto solo será posible si se adoptan enfoques de planificación integrados, con criterios de sostenibilidad, infraestructura verde y restauración ecológica urbana.

### 11.3. Implicaciones socioeconómicas de la expansión urbana

La transformación territorial observada en Jamundí durante el periodo 2015–2024 no solo ha tenido efectos espaciales y ambientales, sino también importantes implicaciones sociales y económicas. El crecimiento del área artificializada en un 117,54 % durante este periodo, con patrones de borde y luego de relleno, ha estado acompañado por un conjunto de procesos que reflejan una reconfiguración del territorio urbano desde el punto de vista de acceso a la vivienda, desigualdad, servicios, movilidad y estructura productiva.

La expansión urbana registrada en Jamundí entre 2015 y 2024, con un incremento acumulado del 117,54 % en el área artificializada, ha generado transformaciones profundas en la organización social y funcional del municipio. Durante el periodo 2015-2020, marcado por un predominio del crecimiento por borde (56,2 %), el patrón de expansión fue mayoritariamente disperso y en muchos casos desvinculado de los instrumentos de planificación. Este tipo de urbanización periférica ha replicado dinámicas de segregación socioespacial y desigualdades en el acceso a servicios e infraestructura, fenómeno común en varios municipios intermedios del país.

El estudio de Martínez Bonilla (2024) sobre el caso de Zipaquirá ilustra cómo los procesos de expansión guiados por la valorización del suelo, más que por criterios de ordenamiento territorial, tienden a producir ciudades fragmentadas, con sectores nuevos carentes de equipamientos, servicios básicos y conexiones reales con el sistema urbano existente. Esta lectura encuentra eco en lo observado en Jamundí, donde la expansión extensiva consolidó urbanizaciones cerradas en zonas de borde que operan de forma aislada, sin integrarse plenamente a la estructura urbana.

---

Con la transición hacia un patrón de crecimiento por relleno en el periodo 2020-2024, evidenciado por el aumento del AWMEI de 27,37 a 45,40, la presión sobre las áreas ya consolidadas también se ha intensificado. Esto ha generado tensiones crecientes en términos de movilidad, espacio público y sostenibilidad de las redes urbanas existentes. Como advierte Anzaldo (2017), sin una política clara que regule la densificación y garantice criterios de equidad en el uso y distribución del suelo urbanizable, la ciudad tiende a reproducir sus propias desigualdades, incluso en contextos de consolidación.

A esto se suma la advertencia de Salazar Tamayo y Julio Estrada (2022), quienes señalan que más del 25 % del suelo urbano desarrollado recientemente en Colombia ha surgido por fuera de lo contemplado en los POT. Este desfase entre planificación e implementación ayuda a explicar buena parte de la informalidad en el uso del suelo y la limitada capacidad institucional para orientar el desarrollo urbano de forma equitativa. En el caso de Jamundí, esta brecha se expresa no solo en la forma que adopta el crecimiento físico, sino también en la alta dependencia funcional del municipio frente a Cali, que limita el fortalecimiento de un sistema económico propio y tensiona aún más los servicios, el transporte y el mercado laboral local.

La evidencia muestra que la expansión urbana reciente en Jamundí ha profundizado desequilibrios territoriales, acentuando la segregación residencial y la presión sobre servicios básicos. Si bien el cambio hacia un patrón de crecimiento por relleno representa un giro significativo en la forma de ocupación del suelo, su potencial transformador dependerá de la capacidad institucional para integrar esta dinámica con instrumentos de planificación, inversión social y control efectivo del uso del suelo.

---

## 12. Conclusiones

El estudio logró consolidar una base de información geoespacial y documental robusta, integrada por imágenes satelitales Sentinel-2, cartografía oficial del POT municipal y capas temáticas actualizadas. Esta integración permitió El estudio logró consolidar una base de información geoespacial y documental robusta, integrada por imágenes satelitales Sentinel-2, cartografía oficial del POT municipal y capas temáticas actualizadas. Esta integración permitió delimitar con precisión el área urbana y suburbana de Jamundí, estableciendo un marco espacial coherente para el análisis multitemporal de la expansión urbana.

Entre 2015 y 2024, se evidenció un crecimiento sostenido del suelo artificializado dentro del área de estudio, con una expansión acumulada de 1.036,7 hectáreas. Aunque el crecimiento fue más acelerado en el primer periodo (2015–2020), la tendencia se mantuvo activa en el segundo. Esta transformación, impulsada por desarrollos residenciales, comerciales e industriales, ha reconfigurado el territorio urbano en menos de una década.

Los patrones de crecimiento urbano mostraron variaciones claras entre los dos periodos. En 2015–2020 predominó la expansión por borde, mientras que en 2020–2024 emergió una combinación entre crecimiento periférico disperso y un aumento significativo en procesos de relleno urbano. Esta dualidad revela una transición hacia modelos de densificación en sectores ya consolidados, sin que desaparezcan las dinámicas de urbanización desarticulada en la periferia.

El análisis del Índice de Expansión Urbana (LEI) confirmó esta evolución. En el primer periodo dominó el crecimiento por borde, mientras que en el segundo se consolidó el crecimiento por relleno como patrón principal, especialmente en términos de superficie ocupada.

---

Por su parte, los indicadores MEI y AWMEI ofrecen una perspectiva adicional sobre la dinámica reciente. La disminución del MEI refleja una mayor frecuencia de parches dispersos y menos integrados, mientras que el aumento del AWMEI indica que las transformaciones de mayor escala se concentraron en áreas ya urbanizadas. Esta diferencia entre ambos índices refuerza la interpretación obtenida a partir del LEI y permite caracterizar con mayor detalle el comportamiento de la expansión urbana en Jamundí.

Desde el punto de vista ambiental, el crecimiento urbano no planificado ha tenido consecuencias evidentes sobre la estructura ecológica del municipio. Se han fragmentado hábitats estratégicos, interrumpido corredores biológicos y tensionado zonas de conservación como cuencas hídricas, humedales y relictos de bosque. Estas transformaciones han debilitado la capacidad del territorio para ofrecer servicios ecosistémicos clave, y han dado lugar a procesos como la deforestación, la degradación del suelo, la contaminación hídrica y la pérdida de conectividad ecológica en un municipio con un alto valor ambiental.

delimitar con precisión el área urbana y suburbana de Jamundí, estableciendo un marco espacial coherente para el análisis multitemporal de la expansión urbana.

Entre 2015 y 2024, se evidenció un crecimiento sostenido del suelo artificializado dentro del área de estudio, con una expansión acumulada de 1.036,7 hectáreas. Aunque el crecimiento fue más acelerado en el primer periodo (2015–2020), la tendencia se mantuvo activa en el segundo. Esta transformación, impulsada por desarrollos residenciales, comerciales e industriales, ha reconfigurado el territorio urbano en menos de una década.

Los patrones de crecimiento urbano mostraron variaciones claras entre los dos periodos. En 2015–2020 predominó la expansión por borde, mientras que en 2020–2024 emergió una

---

combinación entre crecimiento periférico disperso y un aumento significativo en procesos de relleno urbano. Esta dualidad revela una transición hacia modelos de densificación en sectores ya consolidados, sin que desaparezcan las dinámicas de urbanización desarticulada en la periferia.

El análisis del Índice de Expansión Urbana (LEI) confirmó esta evolución. En el primer periodo dominó el crecimiento por borde, mientras que en el segundo se consolidó el crecimiento por relleno como patrón principal, especialmente en términos de superficie ocupada.

Por su parte, los indicadores MEI y AWMEI ofrecen una perspectiva adicional sobre la dinámica reciente. La disminución del MEI refleja una mayor frecuencia de parches dispersos y menos integrados, mientras que el aumento del AWMEI indica que las transformaciones de mayor escala se concentraron en áreas ya urbanizadas. Esta diferencia entre ambos índices refuerza la interpretación obtenida a partir del LEI y permite caracterizar con mayor detalle el comportamiento de la expansión urbana en Jamundí.

Desde el punto de vista ambiental, el crecimiento urbano no planificado ha tenido consecuencias evidentes sobre la estructura ecológica del municipio. Se han fragmentado hábitats estratégicos, interrumpido corredores biológicos y tensionado zonas de conservación como cuencas hídricas, humedales y relictos de bosque. Estas transformaciones han debilitado la capacidad del territorio para ofrecer servicios ecosistémicos clave, y han dado lugar a procesos como la deforestación, la degradación del suelo, la contaminación hídrica y la pérdida de conectividad ecológica en un municipio con un alto valor ambiental.

Si bien la matriz del paisaje en Jamundí está dominada históricamente por usos agropecuarios como el pastoreo, los cultivos de caña y arroz que fragmenta totalmente la configuración territorial, y con ello trae otros retos en el ordenamiento territorial, esta actividad

---

no representa actualmente el eje principal de generación de valor económico ni concentra la ocupación de la mayoría de su población. En contraste, el desarrollo urbano evidencia una consolidación del sector terciario como núcleo económico, asociado a comercio, servicios urbanos y actividades administrativas.

---

### 13. Recomendaciones

Es necesario fortalecer los instrumentos de planificación territorial, incorporando herramientas como el LEI, MEI y AWMEI para hacer seguimiento real y detallado a los procesos de expansión urbana. Esto permitiría detectar con mayor antelación patrones desordenados de crecimiento y orientar las acciones institucionales antes de que se consoliden procesos difíciles de revertir.

También se recomienda actualizar periódicamente los instrumentos como el PBOT, integrando análisis multitemporales y datos satelitales que reflejen la dinámica real del territorio. Esto contribuiría a tomar decisiones más informadas frente a la ocupación del suelo y la protección de áreas con valor ambiental o productivo.

Adicionalmente, se sugiere promover desde lo normativo un enfoque de crecimiento compacto, con incentivos que favorezcan la densificación en zonas urbanas ya consolidadas y desincentiven la expansión dispersa sobre suelos rurales o de conservación.

Es fundamental que la comunidad participe activamente en los espacios de planificación y toma de decisiones. La visión local y el conocimiento del territorio son claves para construir propuestas más justas y sostenibles.

La academia tiene un rol fundamental al generar investigaciones que integren análisis espacial, teledetección y evaluación de impactos territoriales, ya que estos estudios son clave para entender la transformación del territorio y apoyar la toma de decisiones desde la evidencia.

Se propone mantener y actualizar la base de datos espacial construida en este estudio, incorporando nuevos registros en años posteriores (por ejemplo, 2026 o 2028) para dar continuidad al análisis multitemporal y consolidar una línea base robusta.

---

Con los resultados actuales, también se abre la posibilidad de realizar un análisis prospectivo que modele distintos escenarios de crecimiento urbano. Estos ejercicios permitirían anticipar impactos y tomar decisiones más estratégicas en la gestión del territorio de Jamundí.

De igual forma, es importante fortalecer los procesos de sistematización y corrección de la información geoespacial empleada en este tipo de estudios, garantizando la unificación de sistemas de referencia, la depuración de errores geométricos y la estandarización de metadatos, de modo que se reduzca la incertidumbre en el análisis y se aumente la fiabilidad de los resultados. Una base de datos corregida, organizada y trazable permitirá no solo mejorar la calidad técnica de los estudios, sino también facilitar su uso en futuras investigaciones y procesos de planificación.

Para garantizar un desarrollo territorial equilibrado y sostenible en el municipio de Jamundí, se recomienda que desde la institucionalidad se consolide una articulación público-privada eficaz, acompañada de una integración técnica entre los diversos instrumentos de ordenamiento y planeación que orienten el desarrollo territorial entre el comportamiento urbano y económico en armonía con las estrategias de protección ambiental, permitiendo la provisión eficiente de bienes y servicios frente al acelerado crecimiento poblacional.

## 14. Referencias

- Alcaldía de Jamundí. (2020). *Plan de Desarrollo Municipal 2020–2023*. Jamundí, Valle del Cauca: Alcaldía de Jamundí.
- Anzaldo, C. (2017). Expansión urbana y sustentabilidad de las ciudades. En CentroGeo. (Ed.), *Densidad, Diversidad y Policentrismo: ¿planeando ciudades más sustentables?* (pp. 39). Centro de Investigación en Geografía y Geomática “Ing. Jorge L. Tamayo”, A.C.
- Barón Pertuz, I., & Ruiz Moreno, N. (2022). *Análisis multitemporal de la expansión urbana de los municipios de Fonseca y Barrancas del departamento de La Guajira, Colombia*. Universidad Antonio Nariño. <https://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/7131>
- Barragán-Escandón, A., Carranza-Torres, D. A., Castañeda-Castro, J. S., & Ruiz-Ramírez, N. (2023). *Spatiotemporal analysis of land cover change and ecosystem service supply in a rapidly urbanizing tropical mountain region in Colombia*. *Remote Sensing*, 17(6), 956. <https://doi.org/10.3390/rs17060956>
- Bazant S., J. (2011). Interdependencia de la expansión urbana y el medio ambiente circundante. Causas de su degradación. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 4(8), 198–223. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/25046>
- Becerra Valencia, L. C. (2014). *Transformación urbana del área de expansión de Cali. estudio de caso: corredor Cali–Jamundí, 2000–2013*. Universidad colegio mayor de nuestra señora del rosario. [https://doi.org/10.48713/10336\\_9017](https://doi.org/10.48713/10336_9017)
- Bravo Riveros, S. D. C. (2024). *Diseño de escenarios futuros del crecimiento urbano para la planificación territorial en el distrito de Calana, Tacna - 2023* (Tesis de pregrado). Universidad Privada de Tacna. <http://hdl.handle.net/20.500.12969/3856>
- Carvajal Aldás, L. H. (2022). *Análisis multitemporal de la expansión urbana y cambios en el uso del suelo entre los años 2004-2021 de la ciudad de Ambato* (Tesis de maestría, Dirección de Posgrado, Maestría en Gestión Ambiental). Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/items/ff5bfdd0-fff6-4e82-bda5-434383d1f9e4>
- Cámara de comercio de Cali. (2024). Perfil económico, social y empresarial de Jamundí. <https://www.ccc.org.co/wp-content/uploads/2024/05/Perfil-Jamundi-CCC.pdf>
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC. (2024). Plan de manejo del Distrito de Conservación de Suelos Bocas del Palo. CVC. <https://runap.parquesnacionales.gov.co/area-protegida/3191>
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC. (2023). Resolución 0100 No. 0500-0544 de 2023: Por la cual se actualizan los determinantes ambientales a escala departamental en estructura ecológica y amenazas y riesgos para los procesos de planificación territorial en el área de jurisdicción de la CVC. [Resolución 0100 No.0500-0544 - Actualización Determinantes Ambientales a Escala Departamental.pdf](https://runap.parquesnacionales.gov.co/area-protegida/3191)

- Culma-Tamara., M.F y García-Ubaque., C.A. (2022). Multitemporal Analysis of Urban Expansion in the Municipality of Madrid, Cundinamarca, between 1977 and 2020. *Tecnura*, 26(73), 49-66. <https://doi.org/10.14483/22487638.19385>
- DANE. (2019). Proyecciones de población por municipio 2005–2035. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- DANE. (2019). Censo General 2005 y Censo Nacional de Población y Vivienda 2018: Resultados comparativos para Jamundí (76364). <https://sitios.dane.gov.co/cnpv/app/views/informacion/fichas/76364.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). 2017. \*Cartilla de expansión urbana ordenada\*. Kit de ordenamiento territorial. <https://portalterritorial.dnp.gov.co/KitOT/Content/uploads/Cartilla%20Expansion.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2017). Manual de la innovación: Expansión urbana ordenada. <https://portalterritorial.dnp.gov.co/KitOT/Content/uploads/Manual%20innovacion%20Expansion%20urbana%20ordenada.pdf>
- Díaz Caravantes, R., L. C. Bravo Peña, L. C. Alatorre Cejudo y E. Sánchez Flores (2014), “Análisis geoespacial de la interacción entre el uso de suelo y de agua en el área peri-urbana de Cuauhtémoc, Chihuahua. Un estudio socioambiental en el norte de México”, *Investigaciones Geográficas*, Boletín, núm. 83, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 116-130, [dx.doi.org/10.14350/rig.32694](https://doi.org/10.14350/rig.32694).
- Díaz Cardozo, V., Masciullo Rubiano, C., Zamudio Arias, A., & Cipagauta Carvajal, J. (2023). *Análisis espacial del crecimiento urbano de la cabecera municipal de La Calera, Cundinamarca entre los años 2007 y 2016* [Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Ingeniería].
- European Environment Agency. (2006, noviembre 22). La expansión urbana descontrolada – un desafío que Europa ignora [Comunicado de prensa]. <https://www.eea.europa.eu/es/pressroom/newsreleases/la-expansion-urbana-descontrolada-un-desafio-que-europa-ignora>
- Flórez Delgado, D. F., & Fernández García, D. K. (2017). Los sistemas de información geográfica. Una revisión. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias – FAGROPEC*, 9(1), 11–16.
- Hernández-Gómez, A., Rojas-Robles, R., & Sánchez-Calderón, F. V. (2013). Cambios en el uso del suelo asociados a la expansión urbana y la planeación en el corregimiento de Pasquilla, zona rural de Bogotá (Colombia). *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 22(2), 257-271. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v22n2.37024>.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). México: McGraw-Hill Education.
- Humacata, L. (2019). Análisis espacial de los cambios de usos del suelo. Aplicación con Sistemas de Información Geográfica. *Revista Cartográfica*, 98, 239-257. <https://doi.org/10.35424/rcarto.i98.149>

- Jiao, L., Mao, L., & Liu, Y. (2015). Multi-order Landscape Expansion Index: Characterizing urban expansion dynamics. *Landscape and Urban Planning*, 137, 30–39. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.023>
- Li, X., Zhou, W., Ouyang, Z., & Xu, W. (2010). *A new landscape index for quantifying urban expansion using multi-temporal remotely sensed data*. *Landscape Ecology*, 25(5), 671–682. <https://doi.org/10.1007/s10980-010-9454-5>
- Linares, S. (2019). Aplicación del Índice de Expansión Urbana mediante Tecnologías de Información Geográfica en ciudades medias argentinas. En *Memorias XVII Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica (CONFIBSIG)*. Universidad Nacional de Luján. <http://hdl.handle.net/11336/135080>
- Linares, S., Iturrioz, I., & Di Nucci, J. (Diciembre de 2022). La expansión urbana de la ciudad de Tandil. *PLEMAR(2)*. Recuperado el Enero de 2025, de <https://fh.mdp.edu.ar/revistas/index.php/pleamar/article/view/6437>.
- Liu, J., Xu, Q., Yi, J., & Huang, X. (2022). Analysis of the heterogeneity of urban expansion landscape patterns and driving factors based on a combined Multi-Order Adjacency Index and Geodetector model. *Ecological Indicators*, 136, 108655. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108655>
- Linares, S., Iturrioz, I., & Di Nucci, J. (Diciembre de 2022). La expansión urbana de la ciudad de Tandil. *PLEMAR(2)*. Recuperado el Enero de 2025, de <https://fh.mdp.edu.ar/revistas/index.php/pleamar/article/view/6437>
- López Restrepo, D. (2021). Expansión urbana en el municipio de Jamundí, camino al modelo de ciudad difusa y fragmentada. Universidad del Valle.
- López Vázquez, V. H., & Plata Rocha, W. (2009). Análisis de los cambios de cobertura de suelo derivados de la expansión urbana de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, 1990-2000. *Investigaciones Geográficas*, (68), 85–103. <https://doi.org/10.14350/rig.18000>
- Martínez Bonilla, L. M. (2024). *Transformación territorial, expansión urbana y vulnerabilidad en municipios intermedios. Estudio de caso: Zipaquirá (Cundinamarca)*. Universidad de América, Facultad de Arquitectura.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). *Cuadernos sobre ciudades sostenibles: Lecciones aprendidas y retos hacia el futuro (Vol. 2)*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/12/Cuadernos-sobre-Ciudades-Sostenibles-2-vf.pdf>
- MinVivienda. (s.f.). Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia. Obtenido de <https://www.minvivienda.gov.co/node/44805>
- Municipio de Jamundí. (2002). Plan Básico de Ordenamiento Territorial – PBOT Municipio de Jamundí -Acuerdo No. 002 de 2022. <https://www.jamundi.gov.co/Ciudadanos/Paginas/PBOT-Vigente.aspx>
- Nueva Escuela Mexicana. (s.f.). Recuperado el eneroenero de 2025, de <https://nuevaescuelamexicana.org/fotografia-satelital/>

- 
- NU. CEPAL. (2012). Población, territorio y desarrollo sostenible. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/1a730e16-c55d-4aa5-be29-c59203c1c13c/content>
- Poveda González, R. E. (2015). Análisis multitemporal de la expansión urbanística del municipio de La Calera, Cundinamarca, Colombia. *Universidad Militar Nueva Granada*. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/13464>
- Salazar Tamayo, M. M., & Julio Estrada, J. D. (2022). Planning gaps: Unexpected urban expansion in five Colombian metropolitan areas. *Buildings and Cities*, 3(1), 725–744. <https://doi.org/10.5334/bc.240>
- Sánchez, A. M. B., Peña, Y. T. H., & Vargas, J. E. B. (2022b). Reflexiones en torno a los factores que influyen en la expansión urbana: revisión de metodologías e instrumentos de investigación. *Cuadernos de Geografía Revista Colombiana de Geografía*, 31(2), 434-449. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v31n2.89742>
- Suárez, O. J. (2020-06-19). *Análisis multitemporal de la expansión urbana de acuerdo con el aumento de la densidad poblacional del municipio de Chía para los años 1991, 2003 y 2018*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/36549>
- Torres, L. D. (2021). *Análisis multitemporal utilizando imágenes landsat para la determinación de la pérdida de la capacidad productiva en la cuenca media del río magdalena*. Tesis de posgrado. <https://repository.unimilitar.edu.co/server/api/core/bitstreams/25e48e0c-f6a5-4539-9085-e93a74e30f9d/content>
- U. N. (2019). World Urbanization Prospects: The 2018 Revisión. <https://population.un.org/wup/assets/WUP2018-KeyFacts.pdf>
- Vitturini, M., Fillottrani, P. R., & Castro, S. M. (2003). Modelos de datos para datos espaciales. En V Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. Universidad Nacional de La Plata. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/21569>
- Winchester, L. (2006). Desafíos para el desarrollo sostenible de las ciudades en América Latina y El Caribe. *EURE (Santiago)*, 32(96). <https://doi.org/10.4067/s0250-71612006000200002>






---

## 15. Anexos

Los siguientes anexos contienen documentos e información geoespacial de interés del proceso investigativo.

### Anexo 1. Información Geoespacial

---

		<a href="#">Informacion_geoespacial</a>
		Paquete_proyecto_Exp_urb_Jamundi_Anexo1
Archivo principal		Mapas_PDF_Anexo2
		GDB_proyecto_exp_urb_Jamundi_Anexo3
		PDF_Vectorial_Anexo4

---