



# Revista **Geográfica**

número 165 • julio-diciembre 2022



INSTITUTO PANAMERICANO DE  
**GEOGRAFÍA E HISTORIA**

**AUTORIDADES DEL  
INSTITUTO PANAMERICANO DE GEOGRAFÍA E HISTORIA  
2022-2025**

**PRESIDENTE** Dra. Patricia Solís (Estados Unidos)  
**VICEPRESIDENTE** Lic. Rocsaanda Pahola Méndez Mata (Guatemala)

**SECRETARIO GENERAL**  
Mtro. Antonio Campuzano Rosales  
(México)

**COMISIÓN DE CARTOGRAFÍA**

(Costa Rica)

Presidente:

*MSc. Max Lobo Hernández*

Vicepresidente:

MSc. Christian Núñez Solís

**COMISIÓN DE GEOGRAFÍA**

(Chile)

Presidente:

Dr. Hermann Manríquez Tirado

Vicepresidente:

Dr. Rodrigo Barriga Vargas

**COMISIÓN DE HISTORIA**

(República Dominicana)

Presidente:

Dr. Filiberto Cruz Sánchez

Vicepresidente:

Dra. Reina Cristina Rosario Fernández

**COMISIÓN DE GEOFÍSICA**

(Ecuador)

Presidente:

Dr. Mario Calixto Ruiz Romero

Vicepresidente:

Dra. Alexandra Alvarado Cevallos

**MIEMBROS NACIONALES DE LA COMISIÓN DE GEOGRAFÍA**

Argentina	Prof. Héctor O. J. Pena
Belice	
Bolivia	Tcnl. DAEN Hector German Sandy Romero
Brasil	
Chile	Dra. Gloria Naranjo Ramírez
Colombia	Geog. Fredy Alberto Gutiérrez García
Costa Rica	M.Sc. Francisco Solano Mata
Ecuador	PhD (c). Giannina Zamora Acosta
El Salvador	Lic. William Roberto Bernal
Estados Unidos	Dr. David Salisbury
Guatemala	Arq. Joshua Alejandro Chavarría
Haití	Prof. Claire Benoit Joseph
Honduras	Lic. Richard Humberto Díaz
México	Dra. María del Carmen Reyes Guerrero
Nicaragua	MSc. Vladimiro Prado
Panamá	Dr. Mario. De León
Paraguay	Prof. Ing. Oscar Alfonso Correa
Perú	Geóg. Pedro Tipula Tipula
Rep. Dominicana	Lic. Susana Hernández
Uruguay	MSc. Raquel Alvarado
Venezuela	



Revista  
**Geográfica**

número 165 • julio-diciembre 2022



INSTITUTO PANAMERICANO DE  
**GEOGRAFÍA E HISTORIA**

# Revista Geográfica

Publicación anual fundada en 1941

Indizada en PERIÓDICA y Dialnet

Disponible en: Cengage Learning, Ebsco, JStor, LatAm-Studies, ProQuest y Dialnet

Editora REVISTA GEOGRÁFICA

M.Sc. Johana Marcela Norori Solís

Universidad Nacional Autónoma de Honduras

Correo electrónico: revista.geografica@ipgh.org

<https://revistasipgh.org/index.php/regeo>

## Comité Editorial

*Dr. Hermann Manríquez Tirado*, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile

*Dr. Osvaldo Muñiz Solari*, Universidad de Texas, Estados Unidos de América

*Dr. Jean Pierre Bergoing*, Universidad de Costa Rica, Costa Rica

*Dr. Vicente Aprigliano Fernandes*, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile

Canje, ventas y distribución de publicaciones:

**Instituto Panamericano de Geografía e Historia**

**Secretaría General**

Apartado Postal 18879 C.P. 11870, Ciudad de México, México

Teléfonos (52 55) 5277-5791 / 5277-5888 / 5515-1910

Correo electrónico: publicaciones@ipgh.org / Página web: <https://revistasipgh.org/>

Las opiniones expresadas en notas, informaciones, reseñas y trabajos publicados en la Revista Geográfica, son de la exclusiva responsabilidad de sus respectivos autores.

Los originales que aparecen sin firma ni indicación de procedencia, son de la Dirección de la Revista.

En cumplimiento con la Resolución IX de la XIV Reunión del Consejo Directivo del IPGH, celebrada en julio de 1972, en Buenos Aires, se advierte que: "Los límites que aparecen en los mapas de esta publicación no están, en algunos casos, finalmente determinados y su reproducción no significa aprobación oficial o aceptación por el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH)".

In accordance with Resolution IX of the XIV Meeting of the PAIGH Directing Council in Buenos Aires, Argentina, in July, 1972. "The boundaries which appear on the present maps are not in some cases, finally determined and their reproduction does not indicate official approval or acceptance by the Pan American Institute of Geography and History (PAIGH)".

---

**Imagen de portada:** Marbling texture painting.

© 2022 Instituto Panamericano de Geografía e Historia.

Revista Geográfica, núm. 165, julio-diciembre de 2022, es una publicación semestral editada por el Instituto Panamericano de Geografía e Historia | Ex-arzobispado núm. 29, Col. Observatorio, Delegación Miguel Hidalgo, C.P. 11860, Ciudad de México, México | Tels. (52-55)5277-5888, 5277-5791, 5515-1910 | [www.ipgh.org](http://www.ipgh.org) | [publicaciones@ipgh.org](mailto:publicaciones@ipgh.org) | Editor responsable: M.Sc. Johana Marcela Norori Solís | Correo electrónico: revista.geografica@ipgh.org | Reserva de Derechos al Uso Exclusivo (impresa): 04-2015-100911312100-102, (en línea): 04-2019-010811483200-203, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor | ISSN (impresa): 0031-0581, ISSN (en línea): 2663-399X | Licitud de título y contenido: en trámite | **Instituto Panamericano de Geografía e Historia, Departamento de Publicaciones, Ex Arzobispado núm. 29, Col. Observatorio 11860, Ciudad de México, México** | Última fecha de actualización: 29 de julio de 2022.

Se autoriza cualquier reproducción parcial o total de los contenidos e imágenes de la publicación, incluido el almacenamiento electrónico, siempre y cuando sea para usos estrictamente académicos y sin fines de lucro, citando la fuente sin alteración del contenido y otorgando los créditos autorales.

# Revista Geográfica

número 165

•

julio-diciembre de 2022

---

## ÍNDICE

<b>Editorial</b>	5
<b>Artículos</b>	
<b>Optimización de costos de transporte para el aprovechamiento energético de la biomasa</b>	
<i>Optimization of transportation costs for biomass use for energy generation</i>	
Raúl Tauro, José Ezequiel Santibañez-Aguilar Roberto Rangel Heras, Oscar Antonio Álvarez Galán José Luis Caballero, Jorge Odenthal José Manuel Arroyo, Borja Velázquez Martí Adrián Ghilardi	11
<b>"Destrucción creativa" de la red hídrica de Santiago de Cali, Colombia</b>	
<i>"Creative destruction" of the water network of Santiago de Cali, Colombia</i>	
Hernando Uribe Castro	31
<b>Análisis de evolución espacial de áreas urbanas de la cuenca del río Luján (1990-2010)</b>	
<i>Analysis of spatial evolution of urban areas of the Luján river basin (1990-2010)</i>	
Luis Humacata	51
<b>Zonificación de humedales en la planificación urbana. Estudio de caso: humedal Calabozo</b>	
<i>Zonification of wetlands in urban planning. Case study: Calabozo wetland</i>	
Eduardo Andrés Torres Lara Gianni José Leal Parra	73

---

**Estrategias para la planificación de un territorio rururbano sustentable bajo el enfoque de inteligencia territorial caso vereda Bosatama Soacha Cundinamarca, Colombia**

*Strategies for the planning of a sustainable rurban territory under the approach of territorial intelligence case of vereda Bosatama Soacha Cundinamarca, Colombia*

Angela María Bernal Sánchez

Yolanda Teresa Hernández Peña

91

**Estado de la medición de los indicadores geográficos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Uruguay**

*State of the measurement of the geographical indicators of the Sustainable Development Goals in Uruguay*

Rosario Casanova

Agustín Acuña

Paula Teperino

137

**Directries para autores**

157



## Editorial

Es importante destacar que el ordenamiento territorial es el conjunto de políticas que emanan desde el Estado, para planificar prospectivamente y gestionar el territorio a diferentes escalas; buscando un desarrollo sostenible que garantice equidad y calidad de vida para todos los ciudadanos. La geografía juega un rol fundamental en el ordenamiento territorial, por ejemplo, gracias a la geografía histórica, podemos conocer como las sociedades antiguas se organizaron formando comunidades para la protección mutua; las cuales fueron creciendo en tamaño y complejidad. También los proyectos de ordenamiento territorial comienzan con un mapa de zonificación indicándonos qué usos podemos hacer del territorio; ese espacio geográfico en donde el ser humano interactúa con su entorno natural, social, económico, cultural y político.

Hoy en día, el proceso para encontrar soluciones y desarrollar escenarios para el uso de la tierra que sirvan al bien común es sistemático. Pero, no hay que olvidar que una adecuada administración del territorio requiere de políticas públicas eficientes, por lo que el rol del Estado y los gobiernos locales son clave en los procesos de ordenamiento territorial. Las entidades públicas tienen el poder de dar forma a los proyectos, denegar solicitudes y otorgar aprobaciones; y junto a los expertos técnicos en diferentes campos y los procesos participativos con la sociedad, se debe dar respuestas a las demandas de las comunidades y al mismo tiempo cumplir con los requisitos de restauración y preservación ambiental. Estos cambios en el uso del suelo son a largo plazo a escala humana, y comprometen los recursos naturales de una manera que afectará a las generaciones futuras.

En este nuevo número 165 de la Revista Geográfica nos complace compartir con ustedes seis artículos de investigadores de México, España, Colombia, Chile, Argentina y Uruguay. Cuatro artículos, apoyados en las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG), abordan la importancia del ordenamiento territorial para frenar la problemática que se vive en muchos de nuestros países, como ser: la expansión urbana descontrolada que produce ciudades

fragmentadas, daño a ecosistemas naturales, como humedales y cuencas de ríos, que no han podido adaptarse los cambios de uso de suelo.

Otro de nuestros artículos muestra como apoyándose en el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se pueden determinar cadenas de suministro que identifiquen regiones económicamente viables para establecer plantas de procesamiento de biomasa, reduciendo por ende el uso de combustibles fósiles y su impacto ambiental. Y finalmente nuestro último artículo comparte un análisis de la medición de indicadores de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para Uruguay.

Queremos reiterar el agradecimiento a la labor ad honorem que realizan nuestros revisores, expertos en distintas áreas disciplinares vinculadas a la Geografía, quienes nos colaboran y a través de la plataforma de Open Journal System (OJS), de la Revista Geográfica realizan la revisión bajo el sistema doble ciego de cada uno de los artículos que recibimos, garantizando la pertinencia, novedad y calidad de lo que publicamos; y por último agradecemos el apoyo del Departamento de Publicaciones del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), que participa en la presentación de este número. Esperamos lo disfruten.

*Johana Marcela Norori Solís*  
Editora

## Editorial

It is important to emphasize that territorial planning is the set of policies that emanate from the State, to plan in a prospectively manner and manage the territory at different scales; seeking sustainable development that guarantees both equity and quality of life for all citizens. Geography plays a fundamental role in territorial planning, for example, thanks to historical geography, we can learn how ancient societies organized themselves by forming communities for mutual protection, which grew in size and complexity. Also, territorial planning projects begin with a zoning map indicating what uses we can make of the territory; this geographic space where human beings interact with their natural, social, economic, cultural and political environment.

Today, the process to find solutions and develop scenarios for land use that serve the common wellness is systematic. But it should not be forgotten that proper land administration requires efficient public policies, so the role of the State and local governments are key in the processes of territorial ordering. Public entities have the power to shape projects, deny applications and grant approvals; and together with technical experts in different fields and participatory processes with society, responses must be given to the demands of the communities and at the same time comply with the requirements of restoration and environmental preservation. These changes in land use are long-term on a human scale and they compromise natural resources in a way that will affect future generations.

In this new issue 165 of this journal, we are pleased to share with you six articles by researchers from Mexico, Spain, Colombia, Chile, Argentina and Uruguay. Four articles, supported by Geographic Information Technologies, address the importance of territorial planning to curb the problems faced in many of our countries, such as: uncontrolled urban sprawl that produces fragmented cities and damage to natural ecosystems such as wetlands and river basins, which have not been able to adapt to changes in land use.

Another article shows how GIS can be used to determine supply chains that identify economically viable regions to establish biomass processing plants, thereby reducing the use of fossil fuels and their environmental impact.

Finally, our last article shares an analysis of the measurement of Sustainable Development Goal (SDG) indicators for Uruguay.

We want to express our gratitude to the ad honorem work from our reviewers, experts in different disciplinary areas related to Geography, who collaborate with us and through the OJS platform of the Revista Geográfica review under the double blind system from each of the articles we receive, guaranteeing the relevance, novelty and quality of what we publish; and finally we thank all the support received from the Publications Department of the PAIGH, allowing this new issue 165 to be published, we hope you enjoy it.

*Johana Marcela Norori Solís*  
Editor



# Artículos





# Optimización de costos de transporte para el aprovechamiento energético de la biomasa

## Optimization of transportation costs for biomass use for energy generation

Raúl Tauro<sup>1</sup>

José Ezequiel Santibañez-Aguilar<sup>2</sup>

Roberto Rangel Heras<sup>3</sup>

Oscar Antonio Álvarez Galán<sup>4</sup>

José Luis Caballero<sup>5</sup>

Jorge Odenthal<sup>6</sup>

José Manuel Arroyo<sup>7</sup>

Borja Velázquez Martí<sup>8</sup>

Adrián Ghilardi<sup>9</sup>

Fecha de recibido: 18 de septiembre de 2021

Fecha de aceptado: 21 de enero de 2022

- <sup>1</sup> Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES), Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México, correo electrónico: [rtauro@cieco.unam.mx](mailto:rtauro@cieco.unam.mx). ORCID: <https://0000.0002-9789-3807>
- <sup>2</sup> Tecnológico de Monterrey, Monterrey, México correo electrónico: [santibanez.ezequiel@tec.mx](mailto:santibanez.ezequiel@tec.mx). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6907-8768>
- <sup>3</sup> Laboratorio Nacional de Análisis y Síntesis Ecológica (LANASE), Universidad Nacional Autónoma de México (ENES-UNAM), Morelia, México, correo electrónico: [mcrangelheras@gmail.com](mailto:mcrangelheras@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3173-175X>
- <sup>4</sup> Laboratorio Nacional de Análisis y Síntesis Ecológica (LANASE), Universidad Nacional Autónoma de México (ENES-UNAM), Morelia, México, correo electrónico: [oscar\\_alvarez90@outlook.com](mailto:oscar_alvarez90@outlook.com)
- <sup>5</sup> Laboratorio Nacional de Análisis y Síntesis Ecológica (LANASE), Universidad Nacional Autónoma de México (ENES-UNAM), Morelia, México. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA), UNAM, México, correo electrónico: [jlcaballerobios@gmail.com](mailto:jlcaballerobios@gmail.com)
- <sup>6</sup> Laboratorio Nacional de Análisis y Síntesis Ecológica (LANASE), Universidad Nacional Autónoma de México (ENES-UNAM), Morelia, México, correo electrónico: [jorge.odenthal@gmail.com](mailto:jorge.odenthal@gmail.com)
- <sup>7</sup> Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Sede Subregional en México, Unidad de Energía y Recursos Naturales, México, correo electrónico: [jose.arroyo@cepal.org](mailto:jose.arroyo@cepal.org)
- <sup>8</sup> Departamento de Ingeniería Rural y Agroalimentaria, Universitat Politècnica de València (UPV), España, correo electrónico: [borvemar@dmta.upv.es](mailto:borvemar@dmta.upv.es). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8157-0421>
- <sup>9</sup> Laboratorio Nacional de Análisis y Síntesis Ecológica (LANASE), Universidad Nacional Autónoma de México (ENES-UNAM), Morelia, México; Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA), UNAM, México, correo electrónico: [aghilardi@ciga.unam.mx](mailto:aghilardi@ciga.unam.mx). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7286-0670>

## Resumen

El aprovechamiento de la biomasa con fines energéticos es una alternativa atractiva para reducir la dependencia de los combustibles fósiles y su impacto ambiental. En este sentido, la ubicación geográfica de los sitios de producción y consumo de biomasa, su logística, así como la planificación de la cadena productiva, son factores indispensables para la evaluación y puesta en marcha de proyectos biomásicos con fines energéticos. Aunque diversos estudios han abordado estos problemas de forma separada, son pocos los trabajos que integran todos estos aspectos. En este trabajo se describe la integración de una serie de análisis espaciales, con un modelo matemático para la optimización de costos de transporte entre diferentes nodos de la cadena productiva de la biomasa. Mediante un caso de estudio y el análisis de diferentes escenarios de oferta y demanda, se evalúa el funcionamiento del módulo de optimización. Los resultados obtenidos permiten estimar de manera óptima la distribución de biomasa desde diferentes centros de oferta (nodos de almacenamiento), hacia diferentes usuarios (nodos de demanda), tomando al costo de transporte como función objetivo. La distribución óptima de biomasa permite planificar su uso para diferentes regiones de interés a nivel nacional.

*Palabras clave: SIG (Sistemas de Información Geográfica), biomasa, evaluación de costes, planificación, cadena de suministro.*

## Abstract

Biomass for energy generation is an attractive alternative to reduce dependence on fossil fuels and their environmental impact. Thus, the geographical location of the production and consumption sites, logistics, as well as the planning of the supply chain are crucial factors for the assessment and implementation of bioenergy projects. Although several studies have addressed these problems separately, there are few papers that integrate all these aspects. This study focuses on the integration of geographic information systems, transport modelling, and transportation costs optimization through the use of a web platform to determine biomass production and consumption sites for energy purposes. Through a case study and the analysis of different supply and demand scenarios, the operation of the optimization module is evaluated. The results allow optimally estimating the distribution of biomass from different supply centers (storage nodes), towards different users (demand nodes), taking the cost of transport as an objective function. The optimal distribution of biomass allows planning its use for different regions of interest at the national level.

*Key words: Geographic Information Systems (GIS), biomass, cost assessment, planning, supply chain.*

## Introducción

El aprovechamiento energético de la biomasa constituye una estrategia para la sustitución de combustibles fósiles y la mitigación de gases efecto invernadero (GEI) (Tauro *et al.*, 2018). Sin embargo, el uso sustentable de la biomasa puede estar limitado por diversas restricciones como la baja competitividad económica respecto a combustibles fósiles, su amplia distribución geográfica, su estacionalidad, y las dificultades que conlleva su cosecha y transporte (Lozano-García *et al.*, 2020). Además, la eficiencia de uso de cada recurso biomásico depende de su naturaleza (madera, semillas, aceites, jugos, excrementos, residuos sólidos urbanos —RSU, etc.) y de la tecnología utilizada para su transformación en biocombustibles. Por ejemplo, la densidad energética de las astillas de madera corresponde aproximadamente a 12.1 GJ/Mg (Rajak y Banerjee, 2020), mientras que si se gasifica, la energía entregada se sitúa en 5.6 GJ/Mg (Lozano y Lozano, 2018).

Es importante mencionar que, además de las tecnologías de transformación y de uso final, la sostenibilidad económica del aprovechamiento de la biomasa depende de sus cadenas de suministro o logística, es decir, de los mecanismos utilizados para la recolección y transporte. En este sentido, la modelización de sistemas logísticos resulta muy útil para la optimización de los costos de aprovechamiento de la biomasa. El estudio de los sistemas logísticos o cadenas de transformación de la biomasa se puede dividir en tres partes principales: a) la evaluación de los medios de transporte desde la oferta a la demanda, b) el análisis de la localización de puntos de acopio y plantas de transformación (i.e. nodos), y c) la definición de rutas de abastecimiento.

El transporte es uno de los factores de mayor impacto en el costo logístico de la biomasa, por lo que la geografía puede ser considerada como una barrera significativa para su aprovechamiento. El costo de transporte está en función de la distancia o de los tiempos de desplazamiento de un punto a otro. Los tiempos de desplazamiento se relacionan de manera intrínseca con la orografía y la red de transporte. De esta forma, el vínculo entre la distribución geográfica de los recursos y los costos de transporte interviene en la selección de regiones económicamente viables para la localización de puntos de acopio o plantas de procesamiento de biomasa. Por ejemplo, la escala o capacidad de una planta de procesamiento de biomasa se ve afectada por la cantidad de recursos biomásicos disponibles en una región específica (Ishii *et al.*, 2016, y Tittmann *et al.*, 2010) y los costos de transporte asociados.

Las metodologías utilizadas para la localización de plantas de biomasa implican en su mayoría modelos de programación lineal que minimizan algún objetivo logístico. Estos modelos están basados en balances de materia, reglas heurísticas y restricciones lógicas y de factibilidad. Por ejemplo, Espinoza-Vázquez *et al.* (2021) abordaron el efecto de las variaciones en la disponibilidad

de materia prima y producto en una cadena de suministro basada en residuos lignocelulósicos, mientras que Yadala *et al.* (2020) llevaron a cabo un estudio para el diseño de una cadena de suministro para producción de biodiesel a partir de algas considerando un modelo dependiente del tiempo. No obstante, la mayoría de estos trabajos no han considerado la relación existente entre la localización de los nodos en una cadena de suministro, el tipo de transporte y características de las carreteras.

Diversas investigaciones han desarrollado metodologías basadas en programación matemática y sistemas de información geográfica para la localización de plantas de biomasa, en la cual se pueden minimizar ciertos parámetros específicos como: a) costo (Velázquez-Martí y Torregrosa-Mira, 2020); b) ganancia neta (Fattahi *et al.*, 2020); c) impacto ambiental (Martínez-Guido *et al.*, 2019); d) demanda satisfecha (Espinoza-Vázquez *et al.*, 2021); entre otros. Trabajos como los de Velázquez-Martí y Annevelink (2009), Velázquez-Martí y Fernández-González (2010), Santibañez-Aguilar *et al.* (2019), y Rahemi *et al.* (2020), han mostrado diversas formas de combinar los sistemas de información geográfica y modelos matemáticos. Particularmente, una de las áreas de oportunidad para esta combinación, es la estimación de los costos de transporte, ya que son altamente dependientes de la cantidad de biomasa transportada (modelos de disponibilidad), distancias de transporte (SIG), topografía del camino (SIG), consumo específico de combustible y tipo de vehículo (véase Díaz-Ramírez *et al.*, 2017).

Con el fin de solventar la falta de integración de herramientas de análisis y procesamiento de información geográfica, con el modelamiento de costos de transporte y la optimización de la cadena productiva, en este trabajo se presenta el desarrollo de un modelo para optimizar los costos de transporte entre dos tipos de nodos de la cadena productiva: centros de acopio del recurso biomásico y centrales de uso final de la biomasa. Se considera una función de costos de transporte de biomasa para satisfacer una demanda específica, y se utiliza una plataforma geoespacial en línea, de libre acceso, para obtener los parámetros de entrada para el modelo.

Las principales ventajas respecto a otras contribuciones, es que la incorporación de este modelo permite: a) la selección óptima de los sitios de oferta (producción) y demanda de biomasa (centros de transformación o uso final) a partir de un conjunto de nodos analizados previamente mediante herramientas SIG; y b) la determinación de la cantidad de biomasa transportada entre sitios de oferta y demanda a través de rutas óptimas al mínimo costo de transporte. Además, este modelo permite tomar decisiones mediante interacción directa en tiempo real del usuario del modelo, a diferencia de modelos que traen asociadas soluciones predeterminadas. Finalmente, es importante mencionar que este algoritmo podría ser montado, previa configuración, en cualquier plataforma geoespacial. Siempre y cuando

el modelo cumpla con las características de hardware y software mínimas para ser utilizado.

En este trabajo se utiliza primeramente la plataforma geoespacial del Clúster de Biocombustibles Sólidos de México (Biowep, <https://www.wegp.unam.mx/cemie/Mexico>) (Tauro *et al.*, 2021), la cual permite develar para cada recurso biomásico y área de interés, los diferentes centros de acopio y centrales de uso final (i.e. nodos). Posteriormente se busca la conexión óptima entre los diferentes centros de acopio y centrales de uso final para un recurso biomásico de ejemplo, con el objetivo de minimizar los costos de transporte. De esta forma, la herramienta permitirá planificar el aprovechamiento óptimo de biomasa, determinando la cantidad de recursos a aprovechar en una región de interés (i.e.: 50%) al menor costo posible, y la dirección de dicho recurso biomásico entre diferentes nodos. Se discute la relevancia de integrar el modelo matemático para la distribución óptima de biomasa como un nuevo módulo en la plataforma geoespacial Biowep.

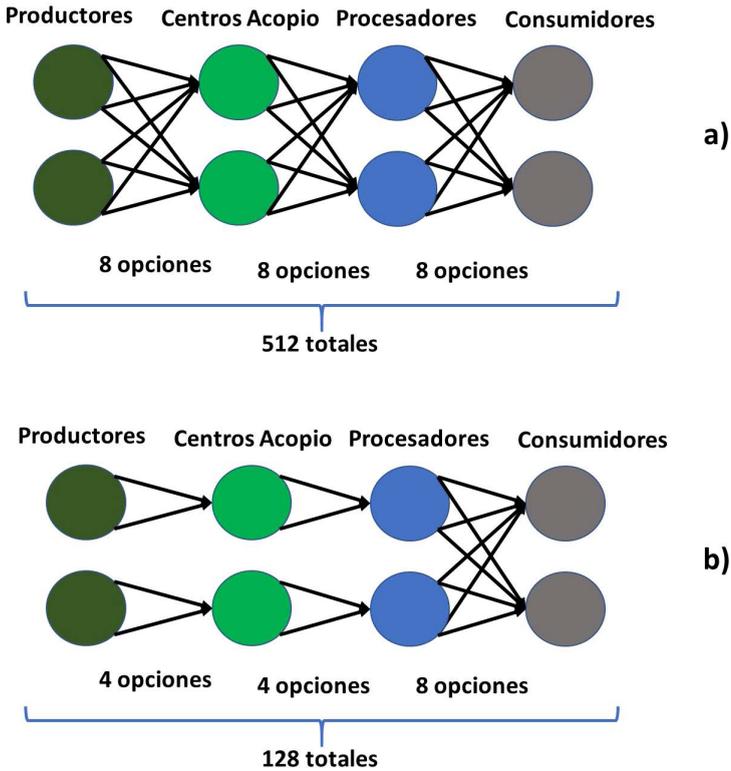
## Metodología

La metodología propuesta en este artículo se basa en resolver el problema de planificación de la cadena de suministro considerada, el cual corresponde a determinar cómo será la interacción de los nodos en la cadena de aprovechamiento de la biomasa. Esto implica decidir qué nodo productivo (origen-punto de acopio) abastece a un consumidor, con qué cantidad de biomasa y a qué costo.

Es importante mencionar que existen tres formas de abordar este problema, por ejemplo: a) decidir qué sitios de producción abastecerán a determinados centros de acopio y nodos subsecuentes (siguiendo el sentido de la demanda); b) decidir desde qué centro de acopio se abastecerá la demanda de los consumidores, así como el origen de dicha biomasa (siguiendo el sentido de la oferta); y c) la selección simultánea de nodos en ambos sentidos. Este trabajo aborda el problema desde la opción c), optimizando el costo de abastecimiento de biomasa a diferentes usuarios de una zona de estudio.

Además, es esencial recalcar que la complejidad de la evaluación de cualquier cadena de suministro es directamente proporcional al número de opciones a evaluar, independientemente de la estrategia utilizada para obtener una configuración de la cadena productiva. La Figura 1 muestra un ejemplo del número de opciones a evaluar dependiendo del número de nodos. Ver clasificación de nodos en material suplementario. En el inciso a) de la Figura 1, se ilustra la necesidad de evaluar 512 alternativas si se consideran dos productores de biomasa ( $O_i$ ), dos centros de acopio ( $S_j$ ), dos procesadores ( $P_k$ ) y dos consumidores ( $U_l$ ) así como dos tipos de transporte para unir cada uno de los nodos. En contraste, en el inciso b) de la Figura 1, presenta un caso

con 128 alternativas, pues se considera que los centros de acopio sólo pueden recibir biomasa de uno de los dos productores de la misma, y es enviada a uno de los procesadores.



**Figura 1.** Número de opciones a evaluar dependiendo de la interacción entre nodos.

Tomando en cuenta la complejidad del sistema, cuando se incrementa el número de opciones a seleccionar en la planificación de una cadena de suministro, es altamente recomendable realizar un análisis previo para determinar las conexiones potenciales entre los nodos de dicha cadena. Dicho análisis se realizó utilizando SIG (Santibañez-Aguilar et al., 2019). Fue necesario considerar aspectos tales como la distancia entre puntos, tiempos y costo de transporte, tipo de materia prima y temporalidad de la biomasa.

En ese sentido, el presente estudio aborda el problema de optimización en dos etapas: a) delimitación de los nodos de la cadena productiva en una región geográfica delimitada; y b) formulación de un modelo matemático para definir la configuración de la cadena productiva. Como se detalla a continuación,

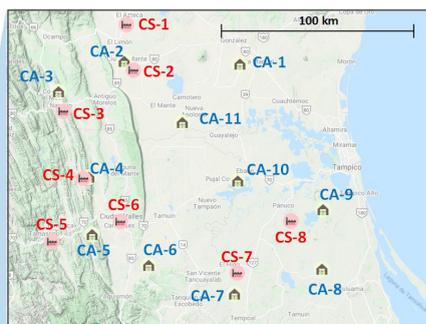
la selección y delimitación de los nodos se realizó con información de la plataforma geoespacial Biowep, sin embargo, el modelo matemático fue corrido de manera independiente.

### Caso de estudio

Como caso de estudio para el modelo de optimización, se seleccionaron los residuos de caña de azúcar de riego y temporal (puntas y hojas), en una de las regiones productoras de México en el límite de los estados de Veracruz, Tamaulipas y San Luis Potosí. Esto se asocia también al creciente interés en el uso de residuos biomásicos por parte de los ingenios azucareros para cogeneración, especialmente fuera de períodos de zafra.

Dicha región cuenta con una alta producción de recursos biomásicos distribuidos en diversos centros de acopio y plantas de procesamiento. Los nodos obtenidos por medio de la plataforma Biowep, las rutas de transporte entre ellos, la disponibilidad y demanda de biomasa fueron tomados como base para el modelo de optimización. La Figura 2 muestra una representación general del caso de estudio, el cual considera 11 centros de acopio de biomasa (CA) y ocho potenciales consumidores (CS) distribuidos geográficamente. Es importante mencionar que se adjunta la zona de estudio en formato .kml como material suplementario, para el caso que se requiera repetir la selección de los nodos en la plataforma Biowep.

- CA-1: Villa Manuel
- CA-2: Ciudad Mante
- CA-3: Colonia El Mecó
- CA-4: El Carmen
- CA-5: El Sauz
- CA-6: Toru
- CA-7: Santiago Sanchez
- CA-8: Tanceme
- CA-9: Puente el Estero
- CA-10: Auza
- CA-11: Tantoan



- CS-1: Azucarera del Rio Guayalejo
- CS-2: Ingenio El Mante
- CS-3: Ingenio San Miguel del Naranjo
- CS-4: Ingenio Plan de San Luis
- CS-5: Ingenio Alianza Popular
- CS-6: Ingenio Plan de Ayala
- CS-7: Ingenio el Higo
- CS-8: Tampico Renewable Energy

**Figura 2.** Ubicación de la región evaluada para el caso de estudio.

La Tabla 1 detalla un ejemplo de la información obtenida de la plataforma Biowep, necesaria para alimentar el modelo de optimización de costos. Existe una relación directa entre la cantidad total de biomasa disponible en la zona de estudio, la capacidad de potencia eléctrica instalada, y la biomasa demandada por un usuario específico (i.e.: CS-1). La cantidad total de biomasa estará repartida en diferentes nodos de almacenamiento (CA), cuya cantidad máxima de almacenamiento es uno de los parámetros de entrada para el modelo, junto a la distancia entre nodos y sus respectivos costos de transporte. Cada nodo de acopio tiene una capacidad de almacenamiento determinada, medida en toneladas de materia seca al año (Mg/año) o su equivalente energético (MW). El modelo calcula la distancia y el costo de transporte desde cada usuario (CS) hasta cada nodo de almacenamiento.

La capa de oferta de biomasa, relacionada a los rastrojos de caña de azúcar, cuenta con 100 centros de acopio distribuidos a nivel nacional, mientras que para el estudio de caso se contemplaron 11 centros que permitieron realizar los cálculos de manera eficiente utilizando el código de la plataforma junto con lenguajes de modelamiento algebraico, tales como GAMS, PYOMO y LINGO, entre otros. La capa de demanda considera la distribución de todos los ingenios azucareros del país con sus respectivas demandas energéticas, que se utilizan para comparar con la energía almacenada (cantidad de biomasa) en los nodos de oferta. Para ver selección de nodos ver material suplementario.

**Tabla 1.** Ejemplo de información obtenida de la plataforma geoespacial

<i>Potencial teórico PJ/año (Tg/año)</i>	<i>Potencial Técnico* PJ/año (Tg/año)</i>	<i>Potencia instalada** MWe (Tg/año)</i>	<i>Biomasa almacenada nodo CA-1 (Tg/año)</i>	<i>Potencia instalada usuario CS-1 MWe (Tg/año)</i>	<i>Distancia entre nodos CA-1 y CS-1 (km)</i>	<i>Costo de transporte (\$MXN/ton)</i>
23.1 (1.42)	21.7 (1.34)	145 (0.62)	(0.26)	45 (0.19)	94	1,816

\* Se estimó excluyendo de la zona de estudio las pendientes mayores a 10%.

\*\* Valor obtenido para toda la zona de estudio. Se obtuvo considerando que todo el rastrojo es densificado en pacas chicas, y convertido en electricidad por medio de una turbina de vapor con una eficiencia de planta del 30% y un factor de planta de 0.63%.

### **Escenarios de demanda**

Se resolvió el problema de optimización para dos ejemplos representativos dentro del mismo caso de estudio. Los ejemplos sirvieron para probar la obtención de datos a partir del módulo, la factibilidad de implementación en la plataforma de un lenguaje de modelamiento matemático y el

comportamiento que tiene el costo total de transporte de biomasa respecto a la cantidad de biomasa transportada en la región geográfica propuesta. Cabe resaltar que el modelo actual funciona para todos los nodos a nivel nacional, a pesar que en este trabajo se utilizó un estudio de caso.

Para el caso de estudio se definió como función objetivo el costo de transporte total de la zona de estudio, que se obtiene de sumar los costos de transporte específicos de cada centro de acopio hasta cada usuario, satisfaciendo la demanda total requerida (CA1 - CS1; CA1 - CS2; CA1 - CSn). Esto se repite para todos los usuarios de la zona seleccionada. De esta forma, el modelo minimiza el costo de transporte total, es decir, lo mínimo que podría valer la suma de todos los costos de transporte que buscan satisfacer la demanda de todos los consumidores. Generalmente, esta optimización está asociada a las menores distancias de transporte. La idea de considerar todos los usuarios de una zona, es que a cada uno le interesará abastecerse al menor costo. Se optimiza de esta forma el abastecimiento a cada uno de los consumidores (costo de transporte mínimo, porque se optimiza el costo de transporte de todos los nodos de demanda).

Al respecto, el primer ejemplo explorado es la minimización del costo de transporte con un abastecimiento de al menos 50% de toda la demanda requerida. El segundo ejemplo corresponde a la minimización del costo de transporte con un abastecimiento del 100% de la demanda total de biomasa requerida por los consumidores. Cabe señalar que estos ejemplos se desarrollaron para observar que pueden existir diversas maneras de abastecer la biomasa a los consumidores.

### ***Formulación del modelo matemático para definir la configuración de la cadena productiva***

La formulación del modelo matemático consiste en diversas ecuaciones basadas en balances de materia y en restricciones de factibilidad técnicas y económicas. Es importante mencionar que el modelo matemático está limitado a la interacción entre sitios productores o centros de acopio y consumidores de biomasa o centrales de uso final de los recursos, es decir, entre oferta y demanda.

Inicialmente para modelar la interacción que existe entre los nodos, se propusieron diferentes ecuaciones: en primer lugar, se definen las relaciones que deben considerarse en caso de que un centro de acopio abastezca un centro de consumo, así como el caso contrario. En resumen, si un centro de acopio abastece a un centro de consumo, se debe calcular el costo de transporte y la cantidad de biomasa transportada debe estar entre límites mínimos y máximos técnicamente factibles (i. e. un vehículo de una tonelada a la semana, 10 vehículos de 20 toneladas a la semana, etc.). En contraparte, si un centro de acopio no envía biomasa a un centro de consumo, la biomasa

transportada es cero y consecuentemente el costo de transporte también, por tanto la conexión entre este centro de acopio y consumo no existe en la cadena de suministro final. Debido a que la cantidad transportada es una variable a determinar por el modelo (no se conoce), se proponen ecuaciones que puedan modelar ambos casos, lo cual se hace mediante variables binarias.

La Ecuación 1 y la Ecuación 2, indican que, en caso de existir la conexión entre consumidor y productor ( $y_{k,l}^{P-U} = 1$ ), entonces la cantidad transportada entre ellos ( $F_{k,l}^{P-U}$ ) debe ser menor que su valor máximo a transportar ( $^{MAX}F_{k,l}^{P-U}$ ) y mayor que la cantidad mínima a transportar ( $^{MIN}F_{k,l}^{P-U}$ ). En contraparte, si la variable binaria es cero, entonces el valor de la cantidad transportada entre ellos ( $F_{k,l}^{P-U}$ ) será cero.

$$F_{k,l}^{P-U} \leq ^{MAX}F_{k,l}^{P-U} \cdot y_{k,l}^{P-U}, \quad \forall k \in \text{Productor}, l \in \text{Consumidor} \quad (1)$$

$$F_{k,l}^{P-U} \geq ^{MIN}F_{k,l}^{P-U} \cdot y_{k,l}^{P-U}, \quad \forall k \in \text{Productor}, l \in \text{Consumidor} \quad (2)$$

La Ecuación 3 permite calcular el costo de transporte entre un sitio de consumo y un productor.

$$C_{k,l}^{TRANSPTOTAL} = C_{k,l}^{Transp} \cdot F_{k,l}^{P-U} \quad (3)$$

El costo de transporte unitario ( $C_{k,l}^{Transp}$ , costo por unidad de materia seca transportada) está calculado por la Ecuación 4 (Tauro et al., 2018), la cual considera el costo de combustible ( $C^{especifico}$ ) y la distancia existente entre distintos puntos ( $d_{k,l}^{P-U}$ ), como, por ejemplo, entre consumidor y productor. Se contemplan tres tipos de camiones como medios de transporte, con sus respectivas capacidades de carga ( $1/Cap$ ) para cada uno de los 5 tipos de materias considerados (leña, astillas, pellets, rastrojo y pacas). Las constantes son valores empíricos que contemplan los costos de retorno y el porcentaje del costo de combustible en el costo total de transporte.

$$C_{k,l}^{Transp} = d_{k,l}^{P-U} \cdot C^{especifico} \cdot 1.8 \cdot P^{combustible} \cdot \left( \frac{1}{0.38} \right) \left( \frac{1}{Cap} \right), \quad \forall k \in \text{Productor}, l \in \text{Consumidor} \quad (4)$$

Debido a la naturaleza de este tipo de cadenas productivas, algunas conexiones (interacciones) entre los nodos productores y consumidores pueden ser fijadas. Las interacciones entre los sitios productores y consumidores podrían ser fijadas por el usuario por algunas de las siguientes razones: a) el consumidor ya existe y no puede ser ignorado, o b) se desea que el consumidor exista independientemente de la configuración de la cadena.

En este caso, el modelo permite definir la existencia de conexiones previamente establecidas por el usuario. Esto puede ser usado por el usuario,

en caso de que su interés sea analizar un nodo o conexión específica. Es importante señalar que uno de los objetivos del modelo es que el usuario pueda involucrarse en la toma de decisiones. La Ecuación 5 presenta la manera en que las conexiones son fijadas en el modelo (se usa un valor igual a 1 para denotar existencia de una conexión específica).

$$y_{k,l}^{P-U} = 1, \quad \forall k \in \text{Selección1}, l \in \text{Selección2} \quad (5)$$

Adicionalmente, un consumidor será considerado en la configuración final de la cadena productiva si al menos existe alguna conexión entre éste y un sitio productor. En contraparte, si ninguna conexión es generada con un consumidor, entonces el consumidor no debe ser incluido en la topología final y por tanto las ecuaciones asociadas a éste. Dicho comportamiento puede ser expresado por relaciones entre variables binarias (Ecuación 6 y Ecuación 7).

$$\sum_k \sum_l y_{k,l}^{P-U} \geq y_l^{\text{Existencia}}, \quad \forall l \in \text{Consumidor} \quad (6)$$

$$y_{k,l}^{P-U} \leq y_l^{\text{Existencia}}, \quad \forall k \in \text{Productor}, l \in \text{Consumidor} \quad (7)$$

La interacción entre los nodos de la cadena productiva está dada por la cantidad de materia prima transportada entre sitios de consumo y de producción. La Ecuación (8) establece que la cantidad recibida de materia en los sitios de consumo es igual a la suma de la cantidad de materia transportada desde los sitios de producción a un sitio de consumo específico.

$$F_l^U = \sum_k F_{k,l}^{P-U}, \quad \forall l \in \text{Consumidor} \quad (8)$$

Adicionalmente, la Ecuación (9) indica que la cantidad de materia enviada desde un sitio de producción es igual a la suma de la cantidad transportada hacia todos los sitios de consumo, tomando como base un sitio de producción.

$$F_k^P = \sum_l F_{k,l}^{P-U}, \quad \forall k \in \text{Productor} \quad (9)$$

Finalmente, el modelo considera una restricción extra para que las variables de decisión ( $y_{k,l}^{P-U}$ ) estén relacionadas de acuerdo con un criterio basado en la distancia existente entre sitios de consumo y producción. La Ecuación 10 limita las conexiones posibles entre consumidor y productor a una distancia menor o igual a la distancia máxima a considerar.

$$d_{k,l}^{MAX} \geq d_{k,l}^{P-U} \cdot y_{k,l}^{P-U}, \quad \forall k \in \text{Productor}, l \in \text{Consumidor} \quad (10)$$

## Resultados

Se consideraron dos ejemplos de aplicación del modelo de optimización. El primero asume que se satisface al menos el 50% de la demanda de energía de todos los usuarios seleccionados en la zona de estudio. En el segundo ejemplo se cubre el 100% de la demanda. Esto da flexibilidad al modelo para planificar el aprovechamiento de biomasa según la cantidad de energía que necesiten satisfacer los usuarios.

En ambos ejemplos se eligió al costo de transporte total como objetivo, ya que la minimización de éste también minimizará los costos de transporte individuales para cada uno de los consumidores. Además, se puede analizar cómo se van abasteciendo los consumidores conforme el porcentaje de demanda satisfecha incrementa.

### ***Ejemplo A. Mínimo costo de transporte para el 50 % de toda la demanda requerida***

Primeramente, se obtuvo una solución para minimizar el costo de transporte (Ecuación (4)) asumiendo que la demanda satisfecha es de al menos el 50% de la demanda total para los consumidores de la zona de estudio. La Tabla 2 presenta un resumen de los resultados obtenidos para la biomasa transportada, el costo de transporte y la distancia entre centros de acopio y consumidores. En este caso se obtuvieron 4 centros de acopio para satisfacer de manera óptima la demanda de 4 consumidores (8 nodos de los 19 totales), siendo el costo total de transporte igual a \$586,103 pesos mexicanos por año (MXN). Como se mencionó en la metodología, se puede observar que el resultado del modelo matemático está fuertemente asociado a la distancia entre centros de acopio y consumidores, siendo resultado de las rutas con la menor distancia (10, 11, 12 y 17 km).

Respecto al consumidor CS-3 (Ingenio San Miguel del Naranjo), a pesar de recibir la mayor cantidad de biomasa (10,400 Mg/año) se estima un costo de transporte moderado (\$182,456 MXN), lo cual se debe a que recibe la biomasa desde el centro de acopio CA-3 (Colonia El Meco) en una ruta con 10 km de distancia. Por otro lado, el mayor costo de transporte corresponde a la biomasa transportada entre el centro de acopio CA-7 (Santiago Sánchez) al consumidor CS-7 (Ingenio El Higo), debido a que la cantidad de biomasa transportada es considerable y la distancia es igual a 17 km (la mayor del Ejemplo A).

Es importante mencionar que no son seleccionados los ocho consumidores (usuarios) iniciales del caso de estudio. Esto quiere decir que, aunque se abastece la mitad de la demanda requerida de biomasa por un usuario, no implica que todos los consumidores serán abastecidos en una misma proporción. La Tabla 3 muestra la cantidad y porcentaje de biomasa abastecida a cada uno de los consumidores para el caso de 50% de la

demanda total cubierta. La Tabla 3 permite observar que el consumidor con mayor demanda (CS-3) solo es abastecido en un 48.6%, a pesar de contar con con la ruta más corta hacia un centro de acopio. Además, el consumidor CS-7 (Ingenio El Higo) es abastecido un 94.3% aunque la distancia a su centro de acopio más cercano es de 17 km.

**Tabla 2.** Cantidad de biomasa transportada y costo de transporte asociado entre sitios de producción y consumo para la minimización de costo total de transporte y 50% de la demanda satisfecha

<i>Centros de acopio</i>		<i>Consumidor</i>		<i>Cantidad (Mg/año)</i>	<i>Costo (MXN/año)</i>	<i>Distancia (km)</i>
<i>Clave centro de acopio</i>	<i>Nombre de sitio</i>	<i>Clave consumidor</i>	<i>Nombre de sitio</i>			
CA-2	Ciudad Mante	CS-2	Ingenio El Mante	2,160	45,474	12
CA-3	Colonia El Mecó	CS-3	Ingenio San Miguel del Naranjo	10,400	182,456	10
CA-4	El Carmen	CS-4	Ingenio Plan de San Luis	5,963	115,066	11
CA-7	Santiago Sánchez	CS-7	Ingenio El Higo	8,151	243,107	17
Total				26,674	586,103	

**Tabla 3.** Porcentaje de demanda cubierta por consumidor seleccionado considerando un 50% de demanda total satisfecha

<i>Clave consumidor</i>	<i>Nombre de sitio</i>	<i>% demanda satisfecha</i>	<i>Demanda requerida (Mg/año)</i>
CS-2	Ingenio El Mante	100.0	2,160
CS-3	Ingenio San Miguel del Naranjo	48.6	21,420
CS-4	Ingenio Plan de San Luis	100.0	5,963
CS-7	Ingenio El Higo	94.3	8,640

**Ejemplo B. Mínimo costo de transporte asumiendo que se satisface toda la demanda del usuario**

Para el caso en el cual se minimiza el costo de transporte descrito en la Ecuación 4, se observa que el costo mínimo para abastecer toda la demanda de biomasa en los sitios de consumo es igual a \$2,511,053 MXN. En este

ejemplo en particular, solo se seleccionan seis sitios de oferta para abastecer 53,348 Mg/año en los ocho sitios de consumo. Acorde a los resultados, se observa que la biomasa abastecida corresponde a un 3.56% de la biomasa total disponible en los centros de acopio, lo cual implica que estos centros de acopio son capaces de abastecer un número mucho mayor de consumidores o bien que la biomasa se puede utilizar para otros fines. La Tabla 4 presenta la cantidad transportada entre cada sitio de oferta y consumo, así como las distancias entre ellos. La distancia mínima de las conexiones resultantes fue igual a 10 km, mientras que la máxima fue de 78 km.

**Tabla 4.** Cantidad de biomasa transportada y costo de transporte asociado entre sitios de producción y consumo para la minimización de costo total de transporte y demanda totalmente satisfecha

<i>Centros de acopio</i>		<i>Consumidor</i>		<i>Cantidad (Mg/año)</i>	<i>Costo (MXN)</i>	<i>Distancia (km)</i>
<i>Clave centro de acopio</i>	<i>Nombre de sitio</i>	<i>Clave consumidor</i>	<i>Nombre de sitio</i>			
CA-2	Ciudad Mante	CS-1	Azucarera del Río Guayalejo	3,848	195,750	29
CA-2	Ciudad Mante	CS-2	Ingenio El Mante	2,160	45,474	12
CA-2	Ciudad Mante	CS-3	Ingenio San Miguel del Naranjo	1,040	142,316	78
CA-3	Colonia El Meco	CS-3	Ingenio San Miguel del Naranjo	10,400	182,456	10
CA-4	El Carmen	CS-3	Ingenio San Miguel del Naranjo	9,980	875,439	50
CA-4	El Carmen	CS-4	Ingenio Plan de San Luis	5,963	115,066	11
CA-5	El Sauz	CS-5	Ingenio Alianza Popular	4,388	323,289	42
CA-5	El Sauz	CS-6	Ingenio Plan de Ayala	3,150	187,895	34
CA-7	Santiago Sánchez	CS-7	Ingenio El Higo	8,640	257,684	17
CA-9	Puente El Estero	CS-8	Tampico Renewable Energy	3,780	185,684	28
Total				53,348	2,511,053	

Con relación al consumidor con mayor demanda de biomasa, CS-3 (Ingenio San Miguel del Naranjo), este podría ser abastecido por un solo centro de acopio. No obstante, se abastece a partir de tres centros de acopio (CA-2, CA-3 y CA-4). Esto puede notarse debido a que la biomasa total transportada desde el centro de acopio CA-2 (Ciudad Mante) es solo 2.69 % de la biomasa disponible en este sitio de abastecimiento. Es decir, el centro de acopio CA-2 tiene la biomasa suficiente para abastecer al consumidor CS-3. Esta diversificación de centros de acopio se presenta debido a la limitante en la cantidad transportada entre centro de acopio y consumidor (520 viajes anuales con capacidad de 20 Mg cada viaje). Nótese que el costo de transporte entre CA-4 y CS-3 es de \$875,439 pesos mexicanos lo cual corresponde al mayor valor de costos de transporte en la solución obtenida. Esto se debe a que corresponde a una cantidad de biomasa alta y a una distancia considerable. En contraste, el costo de transporte entre CA-2 y CS-3 es de \$142,316 pesos mexicanos, un costo relativamente moderado debido a que la cantidad de biomasa transportada es solo 1,040 Mg/año, aunque la distancia de dicho trayecto sea igual a 78 km.

Adicionalmente, desde el punto de vista de los suministradores de biomasa, en la mayoría de los casos se seleccionan los consumidores con la menor distancia a un centro de acopio determinado. Cabe mencionar, que la solución del problema no es trivial y no se puede definir solo por la distancia entre los centros de acopio y consumidores, sino que dependen, a su vez, de la cantidad de biomasa a transportar.

## Discusión

### ***Comparación entre ejemplos: A.- 50 % de demanda abastecida y B.- 100 % de demanda abastecida***

Es importante analizar las principales diferencias entre los dos ejemplos mostrados. En el primer ejemplo se abastece el 50% de la demanda total de biomasa de la zona de estudio, mientras en el segundo ejemplo se discute una propuesta para abastecer el 100% de la demanda total de biomasa.

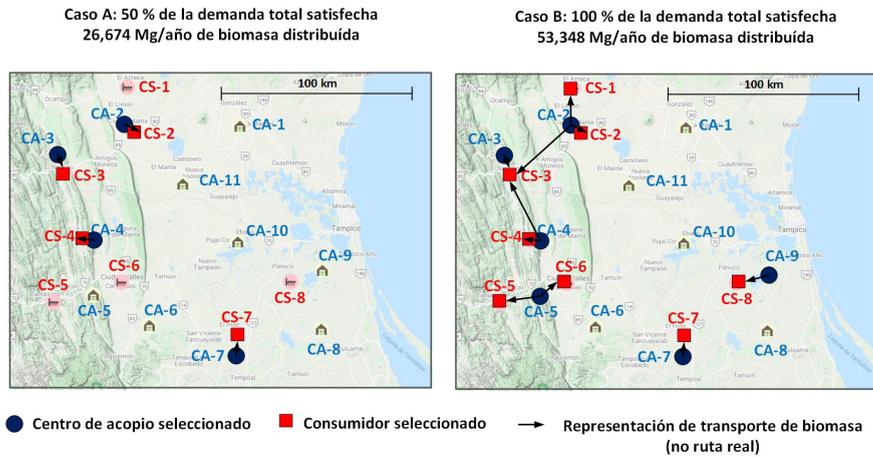
La primera diferencia importante es el costo de transporte encontrado, ya que para el ejemplo A, éste corresponde a \$586,103 MXN, mientras que en el caso B, se observa un costo de transporte de \$2,511,053 MXN. Esto representa una diferencia de 328% entre el costo del ejemplo A respecto del ejemplo B, para un cambio de 50% a 100% de la demanda total de biomasa abastecida (desde 26,676 Mg/año hasta 53,348 Mg/año). En este sentido, el usuario de biomasa puede optar por abastecer una proporción del total de biomasa requerida.

Otra diferencia para destacar es la cantidad de biomasa abastecida a los sitios de consumo, ya que en el ejemplo A se abastecen 26,676 Mg/año a

partir de 4 centros de acopio, mientras que para abastecer 53,348 Mg/año de biomasa del ejemplo B son necesarios seis centros de acopio. Es decir, dos centros de acopio adicionales son suficientes para proveer la biomasa equivalente a los cuatro centros de acopio del ejemplo A. Específicamente el CA-5 (El Sauz) y CA-9 (Puente El Estero).

Adicionalmente, es importante destacar que en ninguno de los ejemplos se necesita el total de la biomasa disponible en los centros de acopio, por lo que se puede concluir que existe disponibilidad de biomasa suficiente que podría tener otros usos, además del energético. Se observa que se tiene la cantidad de biomasa suficiente para abastecer consumidores adicionales en caso de ser necesario.

La Figura 3 muestra la comparación de la distribución de los centros de acopio y consumidores para los ejemplos A y B. En el ejemplo A se ilustra que los centros de acopio seleccionados por el modelo abastecen a los consumidores aledaños. En el ejemplo B se observa que los consumidores pueden ser abastecidos desde varios centros de acopio cercanos considerando los menores costos de transporte.



**Figura 3.** Comparación de sitios de la cadena productiva seleccionados.

### Conclusiones

En este trabajo se pudo validar el funcionamiento de un modelo de optimización para la selección óptima de nodos de producción y consumo de biomasa, mediante información obtenida de una plataforma geoespacial. Para ello, se abordaron dos ejemplos representativos de un caso de estudio correspondiente a la región noreste de México con el objetivo de minimizar el costo total de transporte sujeto a cierto nivel de demanda satisfecha. Los resultados mostraron que en ninguno de los ejemplos abordados se necesita

un porcentaje elevado de biomasa almacenada en los centros de acopio para satisfacer la demanda de energía de la zona de estudio. Se concluye que en la zona de estudio existe suficiente disponibilidad de biomasa como remanente, que puede aprovecharse para diferentes fines.

Respecto a la selección de nodos para satisfacer la demanda de energía en la zona de estudio, destaca que no es necesario seleccionar todos los centros de acopio potenciales para satisfacer la demanda requerida. La metodología presentada puede coadyuvar a proponer estrategias de abastecimiento de biomasa en los sitios de consumo y otros usos finales. Finalmente, en trabajos futuros se pretende la integración del modelo de optimización en la plataforma web para optimizar los costos para cada usuario de manera independiente o global sin depender de que se la selección de nodos o la optimización se realicen en interfaces separadas. Esta integración permitirá estimar y visualizar la configuración de la cadena productiva y los costos asociados a la logística de la biomasa en una región de interés, aumentando los alcances de las plataformas geoespaciales como herramientas de planificación.

## Agradecimientos

Se agradece al Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), por el apoyo brindado mediante el proyecto GEO-08, 2020 de su Programa de Asistencia Técnica (PAT) 2020. También al Cluster de Biocombustibles Sólidos (BCS), Fondo Sectorial CONACYSENER-FSE (CEMIE-Bio) no. 246911. Finalmente, se agradece el apoyo brindado por la Unidad de Energía y Recursos Naturales de la Sede Subregional en México de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de las Naciones Unidas en el marco de la iniciativa sobre la Plataforma Geoespacial para la Evaluación del Potencial Energético de los Recursos Biomásicos en los Países del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA) y en el taller sobre la “Evaluación del aprovechamiento energético de la biomasa. Planteamientos para optimizar los costos de localización de plantas de energía” realizado en línea los días 23 y 30 de septiembre de 2020, los cuales contribuyeron a la realización del presente documento.

## Bibliografía

Díaz-Ramírez, J., Giraldo-Peralta, N., Flores-Cerón, D., Rangel, V., Mejía-Argueta, C., Huertas, J. I., Bernal, M. (2017). Eco-driving key factors that influence fuel consumption in heavy-truck fleets: A Colombian case. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 56, 258-270. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.08.012>

- Espinoza-Vázquez, Y. M., Gómez-Castro, F.I., Ponce-Ortega, J. M. (2021). Optimization of the supply chain for the production of biomass-based fuels and high-added value products in Mexico. *Computers & Chemical Engineering*, 145. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2020.107181>
- Fattahi, M., Govindan, K., Farhadkhani, M. (2020). Sustainable supply chain planning for biomass-based power generation with environmental risk and supply uncertainty considerations: a real-life case study. *International Journal of Production Research*, 59 (10), 3084-3108. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1746427>
- Ishii, K., Furuichi, T., Fujiyama, A., Watanabe, S. (2016). Logistics cost analysis of rice straw pellets for feasible production capacity and spatial scale in heat utilization systems: A case study in Nanporo town, Hokkaido, Japan. *Biomass and Bioenergy*, 94, 155-166. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.08.007>
- Lozano, F. J., Lozano, R. (2018). Assessing the potential sustainability benefits of agricultural residues: Biomass conversion to syngas for energy generation or to chemicals production. *Journal of cleaner production*, 172, 4162-4169. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.037>
- Lozano-García, D. F., Santibañez-Aguilar, J. E., Lozano, F. J., Flores-Tlacuahuac, A. (2020). GIS-based modeling of residual biomass availability for energy and production in Mexico. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 120. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109610>
- Martínez-Guido, S. I., Ríos-Badrán, I. M., Gutiérrez-Antonio, C., Ponce-Ortega, J. M. (2019). Strategic planning for the use of waste biomass pellets in Mexican power plants. *Renewable energy*, 130, 622-632. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.06.084>
- Rahemi H., Torabi, S. A., Avami A., Jolai, F. (2020). Bioethanol supply chain network design considering land characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 119. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109517>
- Rajak, R. C., Banerjee, R. (2020). An innovative approach of mixed enzymatic venture for 2G ethanol production from lignocellulosic feedstock. *Energy Conversion and Management*, 207. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.112504>
- Santibañez-Aguilar, J. E., Lozano-García, D. F., Lozano, F. J., Flores-Tlacuahuac, A. (2019). Sequential use of geographic information system and mathematical programming for the optimal planning for energy production system from residual biomass. *Industrial & Engineering Chemistry Research*; 58 (35), 15818-15837. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.9b00492>.
- Tauro, R., Rangel, R., Suárez, R., Caballero, J. L., Anaya-Merchant, C., Salinas-Melgoza, M., Ghilardi, A. (2021). An integrated user-friendly web-based spatial platform for bioenergy planning. *Biomass and Bioenergy*, 145. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105939>
- Tauro, R., Serrano-Medrano, M., & Masera, O. (2018). Solid biofuels in Mexico: a sustainable alternative to satisfy the increasing demand for heat and

- power. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 20 (7), 1527-1539. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10098-018-1529-z>
- Tittmann, P. W., Parker, N. C., Hart, Q. J., Jenkins, B. M. (2010). A spatially explicit techno-economic model of bioenergy and biofuels production in California. *Journal of Transport Geography*, 18 (6), 715-728. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.JTRANGEO.2010.06.005>
- Velázquez-Martí, B., Torregrosa-Mira, A. (2020). Logistic models for distribution of straw in crops of fruit tree plots where mulch is applied. *Computers and Electronics in Agriculture*, 175. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105604>
- Velázquez-Martí, B., Fernández-González, E. (2010). Mathematical algorithms to locate factories to transform biomass in bioenergy focused on logistic network construction. *Renewable Energy*, 35 (9), 2136-2142. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.02.011>
- Velázquez-Martí, B., Annevelink, E. (2009). GIS application to define biomass collection points as sources for linear programming of delivery networks. *Transactions of ASABE*, 52 (4), 1069-1078. DOI: <http://dx.doi.org/10.13031/2013.27776>
- Yadala, S., Smith, J. D., Young, D., Crunkleton, D. W., Cremaschi, S. (2020). Optimization of the algal biomass to biodiesel supply chain: case studies of the state of Oklahoma and the United States. *Processes*, 8 (4), 476. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr8040476>





# “Destrucción creativa” de la red hídrica de Santiago de Cali, Colombia

## "Creative destruction" of the water network of Santiago de Cali, Colombia

Hernando Uribe Castro<sup>1</sup>

Fecha de recibido: 23 de febrero de 2021

Fecha de aceptado: 28 de marzo de 2022

### Resumen

El crecimiento de la ciudad de Cali (Colombia) localizada sobre el valle del río Cauca, se caracterizó por ampliar su perímetro urbano sobre ecosistemas estratégicos y por transformar tres ríos (Cañaveralejo, Meléndez y Lili) en un solo canal de aguas residuales mediante obras de infraestructura civil. La tesis central de este artículo plantea que éste desarrollo urbano es un ejemplo del principio de la “destrucción creativa” de la modernidad: destruir la naturaleza para rediseñar territorio; en otras palabras, destruir ecosistemas estratégicos para urbanizar espacios e incorporarlos a la especulación inmobiliaria, el negocio de la construcción y el urbanismo, es decir al mercado de la tierra urbana, cuya principal estrategia para esta ciudad ha sido la de incorporar tierra rural en tierra urbana. Por lo tanto, este artículo analiza el desarrollo urbano desde la cuestión ambiental y devela cómo las elites dominantes de la región tomaron decisiones desde los escenarios de la administración municipal en el pasado, que influyeron en las difíciles condiciones ambientales de la ciudad del presente. Condiciones presentes que no solo expresan los problemas ambientales existentes al día de hoy sino que además prevén un futuro insustentable ambiental y ecológicamente para la ciudad y la región. Metodológicamente se recurrió a las estrategias de la historia ambiental,

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Occidente, Colombia, correo electrónico: [huribe@uao.edu.co](mailto:huribe@uao.edu.co). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3031-1497>.

la geografía histórica y la ecología política. Se recurrió a la indagación documental y el estudio de caso. El resultado es la verificación de este proceso de transformación territorial que convirtió un espacio geográfico caracterizado por la abundancia de humedales y grandes lagos en un espacio totalmente urbanizado e incorporado al perímetro de la ciudad.

Palabras clave: *Destrucción creativa, urbanización, red hídrica, modernización y conflicto ambiental.*

## **Abstract**

The growth of the city of Cali (Colombia), located in the Cauca river valley, was characterized by expanding its urban perimeter over strategic ecosystems and transforming three rivers (Cañaveralejo, Meléndez and Lili) into a single sewage channel through civil infrastructure works. The central thesis of this article is that this urban development is an example of the principle of "creative destruction" of modernity: destroying nature to redesign territory; in other words, destroying strategic ecosystems to urbanize spaces and incorporate them to real estate speculation, the construction business and urbanism, that is, to the urban land market, whose main strategy for this city has been to transform rural land into urban land. Therefore, this article analyzes urban development from the environmental point of view and reveals how the dominant elites of the region made decisions from the scenarios of the municipal administration in the past, which influenced the difficult environmental conditions of the present city. Present conditions not only express the environmental problems existing today but also foresee an environmentally and ecologically unsustainable future for the city and the region. Methodologically, we resorted to the strategies of environmental history, historical geography and political ecology. Documentary research and case studies were used. The result is the verification of this process of territorial transformation that turned a geographic space characterized by the abundance of wetlands and large lakes into a totally urbanized space incorporated into the perimeter of the city.

Key words: *Creative destruction, urbanization, water network, modernization and environmental conflict.*

## **1. Introducción**

Este artículo es producto del Programa de la investigación "Procesos modernizantes y modernizadores en Santiago de Cali, siglos XX y XXI" del Grupo de Investigación en Conflictos y Organizaciones, financiado por la Dirección de Investigaciones de la Universidad Autónoma de Occidente.

Presenta la transformación que sufrieron tres ríos de Cali (Cañaveralejo, Meléndez y Lili) por la implementación de las políticas de desarrollo urbano mediante obras de infraestructuras civil. Los tres ríos fueron convertidos en un solo canal interceptor de aguas residuales que desemboca en el río Cauca. Con ello, desaparecieron todos los ecosistemas asociados a estos ríos como lagos, ciénagas y lagunas porque fueron desecados e incorporados al negocio de la expansión urbana.

Esta afectación socioambiental obedeció a un diseño planeado del territorio desde los agentes del capital agrícola y agroindustrial, de los empresarios del mercado inmobiliario, de la construcción y la urbanización, así como de los agentes del Estado interesados en capitalizar las tierras. Unas tierras que tenían una riqueza biológica y cultural, pues como lo demuestran los estudios arqueológicos, habitaron comunidades prehispánicas (Rodríguez, 2002). Durante el periodo Colonial, los europeos implantaron el sistema de hacienda que perduró hasta finales del siglo XIX y que usó el agua de los ríos y todos los bienes naturales que ellos producían como principal sustento (Colmenares, 1975; Mina, 2011; Friedemann, 1976; Escorcía, 1982; Rojas, 1983). Este sistema de hacienda que perduró desde el siglo XVI, entró en crisis hacia finales del siglo XIX por factores como: la manumisión de la población esclava, la incorporación de nuevos capitales agrícolas que empezaron a transformar la tradicional hacienda en empresa agrícola y agroindustrial cañera, y las transformaciones administrativas y económicas del Estado nacional y regional (Rojas, 1985; Romero, 2017). Con la apertura de los mercados en las crecientes ciudades europeas y norteamericanas hacia mediados del siglo XIX, los territorios latinoamericanos se convirtieron en despensas de los productos agrícolas que consumían estas ciudades, y esto condujo a que la tierra adquiriera, mucha importancia para los nacientes Estados latinoamericanos (LeGrand, 2016). Las luchas entre terratenientes, campesinos y colonos por la posesión de tierras, el acaparamiento, la concentración y los latifundios predominaron desde finales del siglo XIX y todo el siglo XX, hecho que caracterizó, la historia del territorio en el valle del río Cauca.

En el siglo XX, el control sobre la tierra y el territorio lo obtuvieron los terratenientes y los agentes del capital agrícola y agroindustrial. El territorio bajo la aprobación del gobierno local y nacional fue especializado para las actividades agrícolas, concentrando la población en un sistema de ciudades intermedias interconectadas (Ramos, 1990; Perafán, 2013; Uribe, 2014). Este modelo de especialización territorial implicó desarrollos civiles importantes tanto para el control de aguas —puesto que el valle del río Cauca, es un valle de inundación—, como para la construcción de infraestructura vial paralelas al río Cauca conectando ciudades y mercado (Mejía y Moncayo, 1988). La actividad agroindustrial implicó una ampliación significativa, en tanto de 7.000 ha sembradas con caña de azúcar en 1915 (Uribe, 2017), se pasó a

243.232 ha sembradas en 2017 (Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia —Asocaña, 2019, p. 86). Este despegue agroindustrial cañero fue posible por la existencia de una elite agrícola que lideró la transformación física del territorio en sus espacios rurales como urbanos (Mancini, 1954; Rojas, 1985; Vásquez, 1995, 2000).

Estas elites necesitaban regular los ríos, canalizarlos y desecar toda la zona de inundación para incorporarla tanto al mercado de la tierra agrícola como urbana (Ospina, Olarte *et al.*, 1956). Buscaron asesores nacionales e internacionales<sup>1</sup> que aportaron el conocimiento técnico-científico necesario para impulsar esta gran transmutación territorial (Valencia y Acevedo, 2010; Valencia, 2015; Uribe, 2017). Estos proyectos modernizadores consistían en intervenir el territorio de la ciudad de Cali y de toda la zona plana asociada al valle geográfico del río Cauca para convertirlo en espacio del capital globalizado (Uribe, 2017). En ello, jugó un papel central la política nacional sobre desecación e irrigación de tierras<sup>2</sup> promovidos por los gobiernos colombianos de principios de siglo así como los apoyos del gobierno estadounidense y los préstamos económicos otorgados por la banca nacional e internacional.

Cali experimentó a nivel de ciudad un despegue industrial en los años cuarenta y una expansión urbana desde mediados del siglo XX sobre la zona asociada al río Cauca, momento en el cual se impulsó todo este esfuerzo transformador por agentes del capital privado y público. Desde la década de los años sesenta, la ciudad aumentó su población y una fuerte presión demográfica tanto por el naciente conflicto armado como por los efectos del desarrollo que expulsó población del campo hacia la ciudad. Estos hechos obligaron la intervención del Estado con políticas de vivienda que, aunque benefició el negocio del suelo, conllevó a que se transfiguraran las cuencas de los principales ríos de la ciudad (Goüeset, 1998; Uribe, 2017). Muchos ríos fueron canalizados y tres de ellos concurren unidos y convertidos en un solo canal artificial (Uribe, 2019). Así, el paisaje natural original de la red hídrica en esta parte del valle cambió radicalmente, en la medida que sobre los antiguos cauces se construyeron barrios, conjuntos cerrados y urbanizaciones, borrando de la superficie terrestre todo indicio del pasado ecosistémico.<sup>3</sup>

Uno de los estudios clave para entender este fenómeno de transformación del Valle geográfico del río Cauca y de Cali como capital, lo realizó Aprile (1992)

<sup>1</sup> La misión Chardón fue contratada por el gobierno departamental para que hiciera un conjunto de recomendaciones para el desarrollo económico de la región. De ahí surge el informe denominado "Reconocimiento Agropecuario del Valle del Cauca" elaborado por Carlos Chardón en 1930.

<sup>2</sup> En Colombia desde los años treinta existió una institucionalidad nacional encargada en promover, financiar y acompañar los proyectos de control de aguas, irrigación y desecación de tierras (Uribe, 2020).

<sup>3</sup> Colombia contó desde principios de siglo con entidades encargadas de la desecación de territorios y adecuación de tierras para la explotación económica (Uribe, 2019).

en su libro *La ciudad colombiana. Siglo XIX y siglo XX* (1992), que trata sobre cómo la élite política logró la transformación de Cali de ser una aldea a convertirse en una gran urbe. Historiadores como Vásquez Benítez (2001) —quien publicó *Historia de Cali en el siglo XX. Sociedad, economía, cultura y espacio*—, lograron recuperar la historia local y las dinámicas económicas, políticas y espaciales del desarrollo urbano. También, Jiménez (2005), presenta en su tesis *Elementos históricos y urbanos en la generación de desastres por inundaciones y deslizamientos en Cali. 1950 – 2000*, la historia de los desastres por inundación y deslizamientos ocurridos durante el proceso de desarrollo urbano de Cali.

Uribe Castro (2007), en su tesis de maestría *Estrategias de poblamiento y acceso a la tierra en el jarillón de los ríos Cauca y Cali en la ciudad de Cali, 1980-2005*, analizó procesos de poblamiento sobre los ríos Cali y Cauca, como resultado de la transformación que vivió la ciudad de Cali a lo largo del siglo XX. Buitrago *et al.*, (2011), publicaron *De los Farallones al Cauca*, un libro que analiza las condiciones sociales, ecosistémicas y culturales del río Cali. Igualmente, el libro *Ciudad desbordada. Asentamientos informales en la ciudad de Santiago de Cali*, de Uribe *et al.* (2017), presentó el estudio sobre la configuración de los asentamientos informales a orillas de los ríos de Cali como efectos de las políticas de desarrollo de las elites políticas y económicas agrícolas y agroindustriales.

Es necesario resaltar la importancia de continuar investigación los procesos de producción de ciudad desde las perspectivas del pensamiento crítico, para impulsar futuras investigaciones y profundizar sobre estos temas que, en tanto dinámicos, son claves para el devenir de la ciudad, como escenario de pervivencia para la compleja trama de la vida.

## 2. Método

Esta investigación es de tipo descriptiva, recurrió a una combinación de estrategias de investigación: desde la indagación documental se realizó un recorrido por los aspectos más sobresalientes correspondientes a la historia y la historia ambiental del territorio del Valle del Cauca.

Se realizó una búsqueda documental que permitiera ambientar las condiciones propias del territorio desde el periodo prehispánico cuyos datos son aportados por los estudios arqueológicos (Rodríguez, 1992). Se revisó la fuente documental del Archivo Histórico de la ciudad de Cali, así como los trabajos realizados sobre el período colonial. Se destacan los aportes de Colmenares (1975) y Escorcía, (1983). Para el siglo XX, se utilizaron informes oficiales del Centro de Documentación y Cartográfico de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (en adelante CVC), del Departamento de Geografía de la Universidad del Valle y del archivo histórico departamental.

Se efectuó una exhaustiva revisión y consulta de prensa local y nacional histórica de periódicos que circularon a principios del siglo XX. En la investigación fue importante el archivo documental del periódico *El País*, a quien se le realizó un seguimiento entre 1951 y 1990. Cada reporte fue fotografiado, codificado y archivado para su uso en esta y otras investigaciones futuras. Se revisó documentación jurídica y judicial (sentencias, acciones populares, tutelas, entre otros) para evidenciar conflictos ambientales que llegaron a estrados judiciales, como sucede por ejemplo, con el estudio de caso del conflicto ambiental en el humedal El Cortijo localizado en el sur de Santiago de Cali, capital del Departamento del Valle del Cauca. Conflicto que se configuró recientemente y que aún no se ha resuelto.

Se realizaron visitas a terreno que consistió en trabajo de etnografía con caminatas por las tres cuencas de los ríos y etnografía visual (grabados, literatura, material fotográfico, artefactos históricos existentes). Se tienen registro de imágenes tomadas con sistema Drone sobre el río Lili. La investigación recuperó archivos con Información Cartográfica Histórica, para lo cual se revisaron documentos institucionales. Se acudió principalmente a documentos producidos por la CVC, la Universidad del Valle y el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (Dagma).

Se empleó el Método Estudio de Caso, el cual se entiende en esta investigación al modo como lo propone Galeano (2012), definido como:

Una estrategia de investigación global que involucra no solo el diseño sino todos los procesos del momento investigativo. Asumir el estudio de caso es elegir lo particular y prescindir de lo general. Implica sacrificar la posibilidad de generalizar a contextos amplios, de recoger información de numerosos actores, de tener visiones de conjuntos sobre situaciones sociales, e incluso de valerse de técnicas de generación de información que involucran directa, intensa, vivencialmente a actores, escenarios y al investigador mismo; también implica, de alguna manera, marcos de análisis más específicos y formas particulares de presentación de los resultados, centrados en objetos más definidos en términos espaciales y temporales (pp. 67-68).

En síntesis, este método hace referencia a la “recolección, el análisis y la presentación detallada y estructurada de información sobre un individuo, grupo o una institución” (Galeano, 2012, p. 68).

### **3. Marco teórico**

#### ***Sobre historia ambiental y ecología política***

La historia ambiental es un campo de conocimiento emergente que tiene como objeto, abordar los diferentes sentidos y dimensiones que se producen

entre los seres humanos y los efectos que históricamente han producido al ambiente (Camus, 2001). Trata de evidenciar cómo, cada acción humana repercute en unas condiciones ecosistémicas, las cuales dejan huellas y marcas en el espacio. Para recuperarlas es necesario realizar el recorrido histórico en el terreno, en la memoria y en los documentos.

La historia ambiental permite ver los hechos que regularmente no se ven o pasan desapercibidos porque se han “naturalizado” en el sentir, percibir y apreciar de las personas. La historia ambiental también permite hacerse preguntas que pocos se hacen sobre los efectos ambientales y ecológicos de la acción humana. La historia ambiental rompe la dualidad que ha perdurado en las ciencias sociales entre la naturaleza y los seres humanos.

Gallini (2005), por ejemplo, establece tres direcciones de la historia ambiental:

La primera se refiere al estudio de las interacciones de determinadas sociedades humanas con ecosistemas particulares y en continuo cambio [...] La segunda dirección de marcha de la historia ambiental apunta a investigar las variantes nociones culturales de la relación hombre-naturaleza, es decir, las ideas que distintas sociedades han tenido de la naturaleza [...], la tercera dirección abarca la política ambiental, entendida como ciencia de lo político referido al medio ambiente —y por lo tanto incluyendo los movimientos ambientalistas y el ambientalismo *tout court*— y también como concretas decisiones institucionales y legislativas relativas al manejo y la protección del medio ambiente (pp. 6-7).

La importancia de la historia ambiental radica en el hecho de que recupera la historia de aquello que no ha sido contado, de lo que fue ocultado o de lo que fue obviado. Relee con los lentes de lo ambiental y ecológico la historia de las acciones humanas.

Por su parte, la ecología política tiene como objetivo develar cómo las lógicas del modelo económico impactan y producen efectos sobre las condiciones ambientales de los territorios y los nichos de vida ecológica. La ecología política, como lo explica Leff (2019) integra no solo el campo del conocimiento científico, sino también los movimientos sociales interesados en defender los ecosistemas estratégicos y la vida misma, de las lógicas del sistema económico. Leff plantea que:

Están surgiendo así nuevos movimientos socio-ambientales en el campo de la ecología política buscando construir un futuro sustentable fundado en la justicia socio-ambiental, en la diversidad cultural y territorial, dentro del orden termodinámico-ecológico que establece las condiciones materiales de la vida, orientados por otros horizontes de sentido fundados en la comprensión de la naturaleza simbólica del ser humano (2019, p. 439).

En la ecología política, el territorio se considera como espacio multidimensional donde la organización social se establece sobre unas bases ecológicas y donde se

configuran identidades culturales, donde emergen nuevos actores políticos y se expresa la lucha por la re-apropiación social de sus territorios de vida (2019, p. 24).

### ***Ciudad, modernidad y "destrucción creativa": algunas consideraciones conceptuales***

Como procesos modernizantes y modernizadores comprenderemos en este estudio aquel conjunto de acciones humanas que, bajo la lógica del ideal del progreso y del desarrollo, son realizados por parte de los diferentes agentes sociales (Estado, Mercado y Sociedad), con los que se pretende mejorar las condiciones sociales de vida y obtener unos beneficios comunes o para la nación. Son acciones que regularmente se llevan a cabo en el tiempo y en el espacio, y que son justificados, argumentados, legitimados haciendo uso de los principios constitucionales del Estado Colombiano y financiados con recursos de la nación o de entidades, organizaciones y/o circuitos económicos de sistemas financieros internacionales.

Estos procesos son expresiones de la racionalidad de la modernidad, como la denomina Leff, del modo hegemónico mediante el cual se construye el mundo y que han producido unos efectos relacionados con la insustentabilidad de la vida y la habitabilidad del planeta (Leff, 2014). Ahora bien, una de las características centrales de la modernidad que tiene una profunda relación con los efectos ambientales producidos por el ideal de progreso y desarrollo, está dada en la idea de la creación destructiva o la destrucción creativa, tomando esta definición de Schumpeter (1971).

El concepto es propuesto por Joseph A. Schumpeter (1971), que considera la importancia de la innovación en el sistema capitalista.

El impulso fundamental que pone y mantiene en movimiento a la maquinaria capitalista procede de los nuevos bienes de consumo, de los nuevos métodos de producción y transporte, de los nuevos mercados, de las nuevas formas de organización industrial que crea la empresa capitalista (p. 120).

La estructura económica desde dentro, destruyendo ininterrumpidamente lo antiguo y creando continuamente elementos nuevos" es la destrucción "creadora" (p. 121).

Los rasgos y efectos de este proceso se ven en el largo plazo. Es un proceso sistémico, orgánico, en donde "cada fragmento de la estrategia económica sólo adquiere su verdadero significado poniéndolo en relación con este proceso y dentro de la situación creada por él" (p. 121).

Para Leff, la categoría analítica de *creación destructiva* propuesta por Schumpeter puede ser clave para entender los efectos del capitalismo sobre la naturaleza. Para Leff (2014), la modernidad aceleró el deterioro de las bases de la sustentabilidad al impulsar ideales como progreso que sirvieron



en el que se muestra un plano de la ciudad de Cali con la red hídrica lo más completa posible que se desliza por las faldas de la cordillera para llegar a la zona plana y de ahí tomar curso hacia el río Cauca, formando importantes lagos, lagunas y ciénagas en el oriente del territorio de esta ciudad. Según lo detalla Jiménez (2005), en este plano se enumeran caminos y carreteras de la época, así como las ciénagas de Cascajal, Moroa, Marucha, Aguablanca, Potrerogrande, Salomia y Pinogordo localizadas en la zona oriental y que pertenecían al área anegadiza o de inundación del río Cauca.

Ríos como Cali, Aguacatal, Cañaveralejo, Meléndez, Lili, Pance se descolgaban de las altas cubres de la cordillera occidental para dirigirse hacia el río Cauca. Pero el crecimiento urbano promovido a lo largo del siglo XX extendió la ciudad hacia el sur y hacia la zona oriental de Cali e incorporó el espacio hídrico a la dinámica urbanizadora (tanto legal como ilegal) y con ello surge la destrucción hídrica de la ciudad. Obsérvese la Tabla 1, que muestra varios fenómenos de largo alcance para la ciudad, como aumento poblacional, crecimiento exponencial de la ciudad y distribución por cabecera y resto de municipio.

**Tabla 1.** Población de Cali 1851-2015, tasas de crecimiento exponencial y distribución cabecera y resto

<i>Año</i>	<i>Población Cali ajustada 1851-1964*</i>	<i>Tasas de crecimiento exponencial Cali</i>	<i>Cabecera %</i>	<i>Resto %</i>
1851	12.325			
1870	13.542	0,50	35,0	65,0
1905	31.712	2,43	45,0	55,0
1912	37.610	2,44	52,9	47,1
1918	57.480	7,07	55,9	44,1
1928	83.791	3,77	69,4	30,6
1938	128.638	4,29	86,7	13,3
1951	328.841	7,22	84,9	15,1
1964	713.878	5,96	96,9	3,1
1973a	991.549	3,65	98,0	2,0
1985*	1.429.026	3,05	98,2	1,8
1993*	1.847.176	3,21	97,7	2,3
2005c	2.075.380	0,97	98,3	1,7
2010p	2.257.214	1,68	98,4	1,6
2015p	2.398.956	1,22	98,6	1,4

**Fuente:** Datos tomados de la tabla proporcionada por Urrea (2011, p. 6).

Aunque la ciudad venía creciendo lentamente hasta 1928, nótese cómo a partir de la década de los años cincuenta se presenta un salto exponencial de una tasa de crecimiento exponencial de 7.07 y de 5.96 para 1964 (Bayona, 1992; Urrea, 2011). Este hecho se debe a que durante este período se presentó una aceleración industrial y comercial, así un aumento de flujos migratorios del campo a la ciudad (Vásquez, 2000). En 1905, el 55% de la población era rural y el 45% era urbana. Hecho que cambió significativamente desde 1928 cuando el 69% de la población pasó a ser urbana y el 30,6% rural (Bayona, 1992; Urrea, 2011). Tendencia que se mantiene por el resto del tiempo, pues actualmente, el 98,6% es urbana y tan solo el 1,4% es rural, tal como se evidencia en los datos para el 2015 según el Departamento Administrativo de Planeación de Colombia —DANE.

Esto implicó que la ciudad se extendiera sobre ecosistemas estratégicos y que tal proceso de ampliación de frontera urbana tuviera efectos ambientales sobre los escenarios naturales. El principal efecto de este crecimiento es que el gobierno municipal, los gremios económicos, las empresas inmobiliarias, los terratenientes, la banca privada y el Estado colombiano, se unieran para “rectificar” ríos y recuperar las zonas de inundación del río Cauca y de sus afluentes para incorporarlas en los procesos de urbanización. Esto implicó el desarrollo de obras civiles, la construcción de diques y la canalización de ríos (Aprile, 1992; Uribe, 2017). Por esta razón, tres ríos (Cañaveralejo, Meléndez y Lili) fueron canalizados y convertidos en uno solo canal.

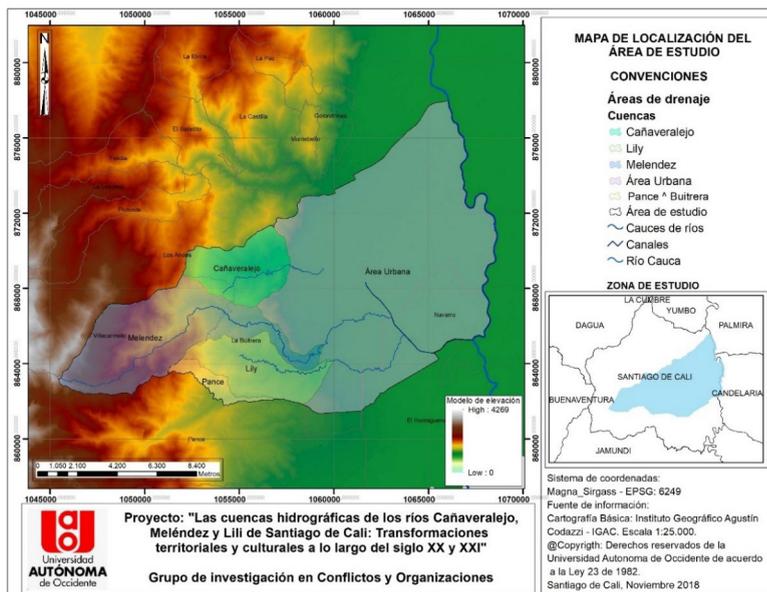


Figura 2. Localización área de estudio.

## ***La modernidad con la que se "rectificó" la naturaleza***

La implementación de las lógicas de la modernidad en el desarrollo urbano de Cali, hacia mediados del siglo XX, fue la de "rectificar", "mejorar" y "controlar" la naturaleza a través de obras de infraestructura que fueron planeadas y proyectadas en la región como los estudios realizados por la firma Olap sobre la zona oriental de Cali (Olap, 1951). Y un modo de hacerlo fue el control directo sobre las unidades hídricas y los ecosistemas asociados a ellas. Sobre todo, si se percibían como obstáculos y como elementos que producían inconvenientes para los planes modernizantes y modernizadores para la ciudad. Como bien lo señala Griselda Alsina (2008):

El curso natural del agua se modifica en las ciudades como consecuencia de la impermeabilización de la superficie del suelo por edificación, pavimentación de calles y vías rápidas de transporte. Esto produce un cambio en los patrones locales de circulación del agua, porque determina una variación del volumen total, el aumento de la velocidad de escorrentía, y la disminución de la infiltración. En las ciudades, gran parte de los ríos y arroyos han sido entubados, canalizados y desviados de sus cursos originales para satisfacer las necesidades de diseño y dinámica urbana. Se han modificado las pendientes y los límites de las planicies naturales de inundación y se construyeron barreras a la libre circulación del agua (p. 78).

Se implementó en el valle del Cauca y en su capital, Santiago de Cali, el modelo de territorio propuesto por David Lilienthal a partir del TVA (CVC, 2014). Este modelo implicó cuatro etapas: producción de energía, canalización de ríos, drenajes y obras para la irrigación y riego (CVC, 2004). Las tierras no solo se dispusieron así para actividades agrícolas, sino que en el caso especial de Cali, se acondicionaron tierras inundadas para urbanización. La siguiente tabla muestra la disminución en hectáreas de los humedales desecados a lo largo del siglo como resultado del proceso de diseño territorial liderado por los agentes del capital agrícola y del Estado colombiano.

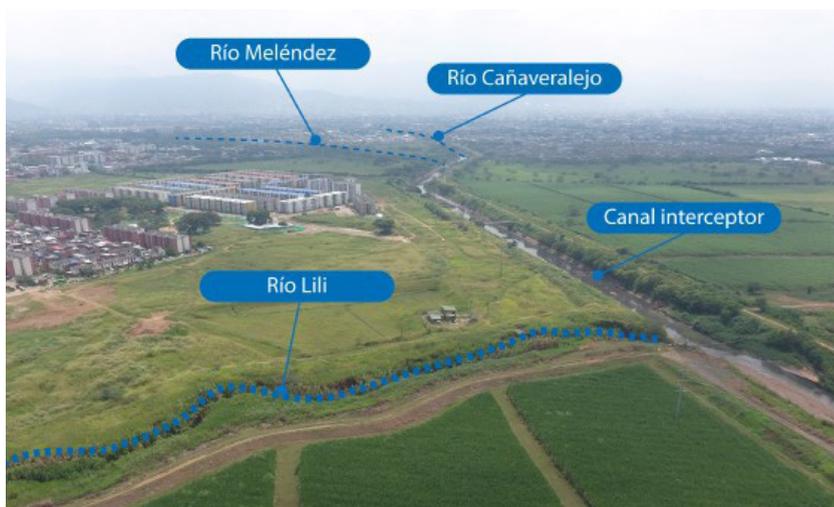
Entre 1900 y 1959 desaparecieron 4.100 hectáreas de humedal equivalentes al 26,2%. Cifra que aumenta vertiginosamente entre 1960 y 1969 fecha en la que se llevan a cabo las obras de desecación, canalización del río Cauca y sus afluentes, así como la intervención del distrito de Aguablanca lugar por donde cruzaban los cauces de los ríos Cañaveralejo, Meléndez y Lili.

Una de las grandes obras construidas fue el denominado Canal Interceptor CVC-SUR, que es un claro ejemplo de destrucción creativa, basada en la racionalidad de la modernidad que concibe la capacidad humana capaz de rectificar a la naturaleza. La Figura 3, muestra la fotografía de dron de la "rectificación" de tres ríos convertidos en un solo canal de aguas (Figura 3).

**Tabla 2.** Disminución de humedales en el valle geográfico del río Cauca en diferentes épocas<sup>4</sup>

Período	Humedales desaparecidos (ha)	% equivalente
1900-1959	4.100	26.82
1960-1969	7.841	51.29
1970-1987	1.466	9.59
1987	1.879	12.29

**Fuente:** Restrepo y Naranjo (1987, p. 44).



**Figura 3.** Canal Interceptor Sur y desembocadura del río Lili. Archivo Grupo de Investigación en Conflictos y Organizaciones.

Desde que se inició el proceso de transformación territorial, la superficie urbana de la ciudad creció y se expandió. Santacruz (1999 p. 32), muestra los siguientes datos para el periodo de la ejecución de las obras y su relación con la construcción de nuevos barrios informales: antes de 1950, el área urbana alcanzaba las 800 hectáreas que se incrementaron a 2.000 hectáreas tan solo entre 1950 y 1959. En la década del sesenta se pasó a 3.600 ha y entre 1970 y 1979 el número de hectáreas era de 7.000 ha.

<sup>4</sup> Extensión original calculada por Restrepo y Naranjo (1987), de 15.286 hectáreas de humedales existentes en el valle geográfico del río Cauca a principios del siglo XX.

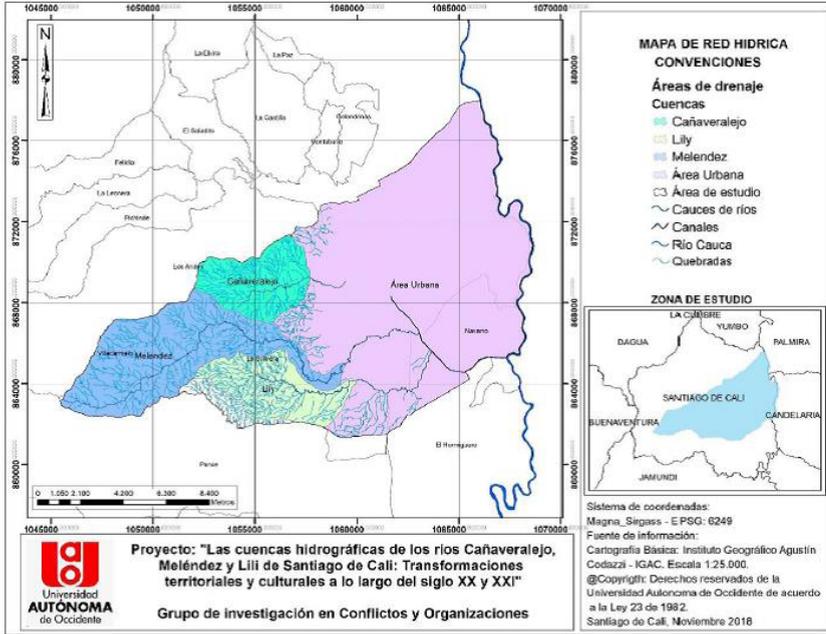


Figura 4. Red hídrica afectada por obras civiles.

### Gobernantes que transformaron la tierra rural en renta urbana

Al realizarse las obras de intervención profunda del territorio —con la construcción de represas como la Salvajina, los diques que canalizan el río Cauca y las obras de desecación de tierras—, se produce unos efectos en la valoración económica de la tierra. La tierra pasa del mercado rural al mercado urbano, donde el valor se toma por metro cuadrado y no por hectárea (Figura 5). Al parecer esta transformación del valor de la tierra (de rural a urbano), produce grandes beneficios económicos para los terratenientes que poseen la tierra. Es interesante que con las obras construidas en el oriente de Cali y en los ríos, se perciba de inmediato que las tierras antes inundadas terminen en manos de particulares. Esto es lo que algunos han denominado la privatización de las zonas ejidales en Cali, fenómeno que ha sido estudiado por Pacheco (1980).

A estas dinámicas urbanizadoras que se situaron sobre el área plana urbana, se sumaron el desarrollo con actividades económicas y una “Zona de la Cuenca Carbonera”. Esta zona de explotación de carbón mineral fue impulsada por uno de los dueños de ingenios azucareros en los años cincuenta, don Hernando Caicedo, quien proponía al presidente de la república las bondades del territorio de piedemonte caleño para la explotación de este mineral a escala industrial y no artesanal como se venía haciendo (Caicedo, 1965).



**Figura 5.** Nuevas urbanizaciones donde antes hubo cultivos de caña de azúcar.  
 Archivo: Grupo de Investigación en Conflictos y Organizaciones.

Una de las zonas donde tuvo más afectación ambiental la minería de carbón mineral fue el área entre la cuenca del río Lili y el río Meléndez (Uribe, 2019). Durante la segunda mitad del siglo XX la explotación de carbón fue intensa en este sector y ello contribuyó a la degradación y erosión de las cuencas de los ríos. Según el inventario, en la zona sur de Cali, en el sector comprendido entre el Alto del Rosario y el Cerro de la Bandera, llegaron a existir hasta 50 minas, distribuidas así: 12 en el alto del Rosario, 10 en San Antonio, 7 en río Lili, 10 en Los Chorros y 11 en Cerro de la Bandera (Departamento Administrativo de Planeación, 1993, p. 43). A las afectaciones a los ríos, se sumó el desgaste de las minas, los conflictos laborales de los mineros, los socavones que estaban afectando los barrios instalados sobre los cerros de Cali (Gómez, 2017).

***Antiguos cauces incorporados al mercado de la tierra para urbanizar***

No es raro entonces que antiguas zonas inundadas donde existían la gran laguna de agua blanca, el Pondaje y Charco Azul, sean hoy, objeto del mercado de la tierra para la expansión y la construcción de urbanizaciones. Sectores como Ciudad Jardín, Valle del Lili, Hormiguero, Navarro y sector de Bochalema, han sido transformados en zonas de urbanización privilegiadas estratos socioeconómicos medios y altos. Pero los efectos no solo son visibles en las fuentes de agua superficial, también existen repercusiones en las aguas

subterráneas. En el Valle del Cauca y en la zona sur de Cali, el fenómeno ha sido notorio.

### ***Proceso de urbanización acelerado y sin límite alguno***

La geofagia del mercado inmobiliario y de la construcción, basados en el discurso del desarrollo y la modernidad, han producido la expansión urbana, incluso por encima del ordenamiento ambiental del territorio. Hoy en día, es posible identificar diferentes conflictos ambientales que han resultado de las intenciones de realizar construcciones sobre zonas de humedal.

Un ejemplo claro de ello es lo que acontece con el humedal El Cortijo en el sector del Valle del Lili. Un humedal que se encuentra en medio de un relicto de bosque seco sobre el que se pretende construir una terminal de transporte municipal e intermunicipal. Las comunidades que habitan y están asociadas a este humedal, mediante repertorios de acción colectiva, han detenido las obras alegando por la defensa del humedal. Las obras que se realizarían, ya contaban con aprobaciones por parte de las entidades ambientales. El conflicto trascendió, incluso, al Consejo de Estado. Este caso aún continúa y está lejos de resolverse.

Actualmente, el caso de la construcción de la terminal en el humedal El Cortijo representa las intenciones de la modernización urbana que confronta los ecosistemas naturales. Como se puede apreciar en la Figura 6,



**Figura 6.** Área del humedal El Cortijo y construcción de la Terminal Mío-Sur.  
Archivo: Grupo de Investigación en Conflictos y Organizaciones.

la urbanización y las obras viales no solo han afectado la dimensión original del humedal sino que sobre su bosque seco se ve la ampliación de la frontera constructora. Este conflicto ha trascendido de las protestas pacíficas y callejeras de los habitantes del valle del Lili a los estrados judiciales.

En este lugar no solo existe una diversidad de flora y fauna que la comunidad ha detectado y que se encuentra disponible en documentos con los que han dado la lucha por la conservación de este espacio, sino además hubo hallazgos arqueológicos de las antiguas comunidades prehispánicas.

### **Consideraciones finales**

La red hídrica de Cali corre de occidente a oriente y la ciudad se construyó de norte a sur. Este pequeño detalle condujo a la producción de una insostenibilidad hídrica y ambiental: cursos de agua cortados, aguas contaminadas, cauces canalizados, abandono, disminución de su caudal, aguas sedimentadas, cercamiento con jarillones, evidencias de erosión, desecación de quebradas, rectificación de afluentes, entre otros aspectos. La estructura urbana no se realizó en las condiciones propias y naturales de la red hídrica y por consiguiente, se tiene una ciudad que al proyectarse, se hace de modo fragmentado, parcelado y segregado. Se puso cemento donde antes hubo agua, se construyeron vías y urbanizaciones donde antes hubo ríos, lagos y ciénagas.

Preocupa, especialmente, la situación de tres ríos: Cañaveralejo, Meléndez y Lili. Estos ríos que tenían su propia dinámica fueron “rectificados” y canalizados”, convertidos en una sola unidad de cuenca. Sus antiguas áreas fueron incorporadas al mercado del suelo urbano. Estos ríos experimentaron las lógicas de la modernidad basada en el principio de la "Destrucción creativa". Destruir la naturaleza para construir la ciudad; destruir ríos para urbanizar los espacios.

Este proceso de unificación de los tres cauces y su consecuente canalización obedeció a una lógica de diseño territorial y de planificación regional promovido no solo por la elite local y política del Valle del Cauca sino también por el Estado Colombiano. Agencias que lideraron políticas, que fueron materializados con la implementación del “Plan Agua Blanca” (formulado por OLAP para la Gobernación del Valle del Cauca en 1950) y el Plan Lilienthal que dio por origen a la Corporación Autónoma Regional del Cauca en 1954.

Hoy en día, los discursos oficiales asignan la responsabilidad de la destrucción de los ríos a la sociedad, pero no hace alusión a la responsabilidad misma del Estado cuando se intervinieron de modo profundo estos cauces. Por ello, la importancia de la historia ambiental para develar estos fantasmas del pasado, destructores de naturaleza en nombre del capital y de su acumulación. Una historia ambiental que pone al descubierto los

agentes responsables de la colonización de la naturaleza bajo la lógica de la modernidad y de la destrucción creativa.

Ante la idea de destrucción creativa, es necesario otra categoría como la *construcción Creativa y éticamente sustentable*, precisamente para evitar que se siga operando con estas lógicas de planificación el devenir de la ciudad. Una construcción creativa participativa, basada en una ética territorial del cuidado, la responsabilidad, la precaución y el respeto por la vida.

## Bibliografía

- Alsina, G. (2008). Ciclos Naturales. En María Di Pace *et.al.*, dirigido por María Di Pace y Horacio Eduardo Caride Bartrons, *Ecología urbana*, 1a. ed. (pp. 73-94). Los Polvorines: Universidad Nacional de General Sarmiento.
- Aprile Gniset, J. (1992). *La ciudad colombiana. Siglo XIX y siglo XX*. Bogotá: Banco Popular.
- Asocaña (2019). *Informe de la Caña de Azúcar 2018-2019*. Cali: Asociación de Cultivadores de la Caña de Azúcar.
- Bayona, A. (1992). Demografía del Valle en el siglo XXI. Anotaciones. *Boletín Socioeconómico*, 23, 99-116.
- Buitrago, O.; Paredes, S.; Motta, N. (2011). *De los Farallones al Cauca. Situaciones ambientales, actores e imaginarios*. Cali: Programa editorial, Universidad del Valle.
- Caicedo, H. (1965). *Ensayos económicos y sociales*. Cali: Editorial Norma.
- Camus, P. (2001). Perspectiva de la historia ambiental: orígenes, definiciones y problemáticas. *Pensamiento crítico, revista electrónica de historia*, 1.
- Colmenares, G. (1975). *Cali: terratenientes, mineros y comerciantes, siglo XVIII*, Santiago de Cali: Universidad del Valle, Biblioteca Banco Popular.
- CVC (2004). *Génesis y desarrollo de una visión de progreso*. Cali: Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca.
- CVC. (2014). *60 años construyendo el futuro de la región*. Cali: Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca.
- Departamento Administrativo de Planeación (1993). *Inventario de minas y canteras del Municipio de Santiago de Cali*, Alcaldía de Cali.
- Escorcía, José (1982). Haciendas y estructura agraria en el Valle del Cauca, 1810-1850. *Anuario de Historia Social y de la Cultura*, 10, 119-133.
- Escorcía, José (1983). Desarrollo político, social y económico 1800-1854. En *Sociedad y economía en el Valle del Cauca*. Tomo III. Universidad del Valle, Bogotá: Biblioteca del Banco Popular.
- Friedemann, N. S. de (1976). Negros: monopolio de tierras, agricultores y desarrollo de plantaciones de caña de azúcar en el Valle del río Cauca. Tierra, tradición y poder en Colombia. *Enfoques antropológicos. Biblioteca básica colombiana*, núm. 12, Bogotá: Colcultura.
- Galeano Marín, M. E. (2012). *Estrategias de investigación social cualitativa: el giro en la mirada*. Medellín: La Carreta.

- Gallini, S. (2005). Invitación a la historia ambiental. *Tareas*, (120), 5-27.
- Gómez Salazar, L. (2017). La historia ambiental de Los Chorros-Cali: Un sector minero (1920-1950). *Conflictos ambientales en ecosistemas estratégicos. América Latina y el Caribe siglos XIX y XXI (195-210)*. Cali: Programa Editorial de la Universidad del Valle.
- Gouëset, V. (1997). *Bogotá: nacimiento de una metrópoli*. Bogotá: TM Editores.
- Jiménez P. N. (2005). *Elementos históricos y urbanos en la generación de desastres por inundaciones y deslizamientos en Cali 1950-2000*. En Julián Velásquez (Ed.), Santiago de Cali: Universidad del Valle.
- LeGrand, C. (2016). *Colonización y protesta campesina en Colombia, 1850-950*. Bogotá: Universidad de los Andes, Universidad Nacional de Colombia, Cinep.
- Leff, E. (2014). *La apuesta por la vida. Imaginación sociológica e imaginarios sociales en los territorios ambientales del sur. México: Siglo XXI*.
- Leff, E. (2019). *Ecología política. De la deconstrucción del capital a la territorialización de la vida*. México: Siglo XXI Editores.
- Mejía Prado, E., y Moncayo Urrutia, A. (1988). Relaciones laborales en la transformación de la Hacienda Vallecaucana en Ingenio azucarero industrializado. *Revista de Extensión Cultural*, 24-25, pp.75-79.
- OLAP (1951). Proyecto de Aguablanca. Control de inundaciones, drenaje y riego. Valle del Cauca, Planeamiento de recursos naturales.
- Ospina, Olarte, Arias y Payán, Ltda. -OLAP-; Gill & Hill -G&H-, KTAM. (1956). *El desarrollo coordinado de energía y recursos hidráulicos en el valle del río Cauca*. Cali: Corporación Autónoma Regional del Cauca.
- Ospina, Olarte, Arias y Payán, Ltda. -OLAP- (1951). Proyecto de Aguablanca. Control de inundaciones, drenaje y riego. Valle del Cauca, Planeamiento de recursos naturales.
- Pacheco, M. R. (1980). Ejidos de Cali: siglo XIX. *Historia y Espacio*, (6-7), 10-32.
- Perafán, A. (2013). *Valle del Cauca: un estudio en torno a su sociedad y medio ambiente*. Colombia: Centro Editorial de la Universidad de Valle.
- Ramos Gómez, O. (1990). *A la conquista del azúcar*. Ingenio Riopaila S.A. y Central Castilla S.A. en homenaje a su fundador Hernando Caicedo. Cali: Impresora Feriva.
- Restrepo, C., y Naranjo, L. (1987). Recuento histórico de humedales y la desaparición de aves acuáticas en el Valle del Cauca. *Memorias III Congreso de ornitología Neotropical*. Cali, Colombia, pp. 43-45.
- Rodríguez, C. A. (2002). *El Valle del Cauca prehispánico*. Cali: Universidad del Valle, Fundación Taraxacum.
- Rojas Guerra, J. (1983). *Empresarios y tecnología en la formación del sector azucarero en Colombia, 1860-1980*. Bogotá: Banco Popular.
- Rojas Guerra, J. (1985). Sobre el papel de los empresarios en la formación del sector azucarero. *Boletín socioeconómico*, 14, 7-33.
- Romero Vergara, M. D. (2017). *Territorialidad y familia entre sociedades negras del sur del valle del río Cauca*. Cali: Programa Editorial de la Universidad del Valle.

- Salamanca, E. J. P., Bermúdez, O. B., & Cabrera, A. P. (2018). *Humedales vallecaucanos: escenario natural de cambios históricos de ocupación y transformación*. Cali: Programa Editorial Universidad del Valle.
- Santacruz, M. (1999). *Sueño de región*. Cali: Corporación Universidad Autónoma de Occidente.
- Schumpeter, J. A. (1971). *Capitalismo, socialismo y democracia [1940]*. Madrid: Aguilar S. A. de ediciones.
- Uribe Castro, H. (2007). *Estrategias de poblamiento y acceso a la tierra en el carillón de los ríos Cauca y Cali en la ciudad de Cali, 1980-2005* [Tesis, Maestría en Sociología, Universidad del Valle], no publicada.
- Uribe Castro, H. (2014). De ecosistema a socioecosistema diseñado como territorio del capital agroindustrial y del Estado-nación moderno en el valle geográfico del río Cauca, Colombia. *Revista Colombiana de Sociología*, 37 (2), 121-157.
- Uribe Castro, H. (2017). *Transformaciones ambientales y acción colectiva en el valle geográfico del río Cauca frente a la agroindustria cañera 1960-2015. Tres estudios de casos*. [Tesis Doctoral, Universidad del Valle, Universidad Tecnológica de Pereira y Universidad del Cauca], no publicada.
- Uribe Castro, H. et al. (2019). Las cuencas hidrográficas de los ríos Cañaveralejo, Meléndez y Lili de Santiago de Cali: transformaciones socio-territoriales en los siglos XX y XXI. Informe Final de Investigación proyecto "Procesos modernizantes y modernizadores en Santiago de Cali", Grupo de Investigación en Conflictos y Organizaciones. Universidad Autónoma de Occidente.
- Uribe Castro, H. (2020). *Destruir naturaleza para rediseñar territorio: el caso del valle geográfico del río Cauca*. Cali: Programa Editorial de la Universidad Autónoma de Occidente.
- Uribe Castro, H.; Holguín, C.; Ayala, G. (2017). *Ciudad desbordada. Asentamientos informales en Santiago de Cali*. Cali: Programa Editorial de la Universidad Autónoma de Occidente.
- Urrea Giraldo, F. (2011). *Transformaciones sociodemográficas y grupos socio-raciales en Cali a lo largo del siglo XX y comienzos del siglo XXI*. Universidad del Rosario (en línea), Bogotá.
- Valencia Llano, N. F. (2015). *La agricultura científica en el departamento del Valle del Cauca, Colombia: génesis e irrupción (1910-1946)*. Universidad Nacional de Colombia.
- Valencia Llano, N. F. y Acevedo Tarazona, Á. (2010). Origen de la educación agrícola superior en el Valle del Cauca, 1910-1934. *HiSTOReLo. Revista de Historia Regional y Local*, 2(3), 67-93.
- Vásquez Benítez, E. (2001). *Historia de Cali en el siglo XX. Sociedad, economía, cultura y espacio*. Cali: Editorial Feriva.
- Vásquez Sánchez, J. (1995). Características histórico-geográficas Comparativas de las regiones especializadas en la producción de caña y azúcar en Colombia y Cuba. *Revista de Geografía*, 1 (1).
- Vásquez Sánchez, J. (2000). *Geografía rural y de la agricultura*. Cali: Universidad del Valle.



# Análisis de evolución espacial de áreas urbanas de la cuenca del río Luján (1990-2010)

## Analysis of spatial evolution of urban areas of the Luján river basin (1990-2010)

Luis Humacata<sup>1</sup>

*Fecha de recibido: 24 de agosto de 2021*

*Fecha de aceptado: 15 de marzo de 2022*

### Resumen

El estudio de la dinámica urbana, desde un enfoque temporal, se centra en determinar el avance de la superficie urbanizada y su incidencia en los cambios de usos del suelo. En primera instancia, es fundamental contar con un diagnóstico de la evolución espacial histórica, que nos permita realizar aportes orientados a la cuantificación y análisis del crecimiento urbano. En tal sentido, la Geografía, en su vertiente cuantitativa y racionalista, brinda los conceptos y metodologías de análisis espacial orientados a la generación de modelos cartográficos para el análisis de la distribución espacial. El presente trabajo tiene por objetivo realizar un análisis de la evolución espacial de áreas urbanas de la cuenca del río Luján, en un periodo temporal que abarca los años 1990 a 2010, a partir de cartografía temática e indicadores cuantitativos utilizando Sistemas de Información Geográfica. Los resultados alcanzados, indican un crecimiento urbano del 34% con respecto al periodo inicial, con una marcada diferenciación espacial según las categorías urbano compacto y disperso, siendo este último, el que mayor incremento ha presentado en el periodo bajo estudio.

*Palabras clave: Evolución espacial, cambios de usos del suelo, áreas urbanas, Sistemas de Información Geográfica.*

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Luján, Argentina, correo electrónico: [luihumacata@hotmail.com](mailto:luihumacata@hotmail.com)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4294-1314>

## Abstract

The study of urban dynamics, from a temporal approach, focuses on determining the progress of the urbanized area and its impact on changes in land use. In the first instance, it is essential to have a diagnosis of the historical spatial evolution, which allows us to make contributions aimed at quantifying and analyzing urban growth. In this sense, Geography, in its quantitative and rationalist aspect, provides the concepts and methodologies of spatial analysis oriented to the generation of cartographic models for the analysis of spatial distribution. The present work aims to carry out an analysis of the spatial evolution of urban areas of the Luján river basin, in a time period that covers the years 1990 to 2010, based on thematic cartography and quantitative indicators using Geographic Information Systems. The results achieved indicate an urban growth of 34% with respect to the initial period, with a marked spatial differentiation according to the compact and dispersed urban categories, the latter being the one that has presented the greatest increase in the period under study.

*Keywords: Spatial evolution, urban growth, Geographic Information Systems.*

## Introducción

Se han generado una gran variedad de aportes que abordan la estructura y dinámica de crecimiento de las grandes ciudades latinoamericanas en las últimas décadas. Uno de los temas que mayor preocupación ha tenido, es el acelerado proceso de urbanización y sus efectos en la sostenibilidad territorial (Hernández, 2014), bajo el modelo de ciudad fragmentada (Borsdorf, 2003), cuya característica es la forma de crecimiento insular (Janoshcka, 2002), y la agudización de las disparidades socioespaciales (Buzai y Marcos, 2014).

La estructura socio-territorial de las áreas metropolitanas presenta una configuración espacial diferenciada a partir de la componente urbana, cuya densidad disminuye desde la ciudad central hacia los sectores más periféricos. En las últimas décadas, el crecimiento acelerado de la urbanización está produciendo conflictos por la competencia espacial entre usos del suelo en espacios que forman parte de la franja urbano-rural (Carter, 1983), generando un impacto negativo en las coberturas naturales y usos del suelo sobre los cuales se expande (Matteucci *et al.*, 2006).

El estudio de la dinámica urbana, desde un enfoque temporal, se centra en determinar el avance de la superficie urbanizada y su incidencia en los cambios de usos del suelo. En primera instancia, es fundamental contar con un diagnóstico de la evolución espacial histórica, que nos permita realizar aportes

orientados a la cuantificación y análisis del crecimiento urbano. En tal sentido, la Geografía, en su vertiente cuantitativa y racionalista, brinda los conceptos y metodologías de análisis espacial orientados a la generación de modelos cartográficos para el análisis de la distribución espacio-temporal. El presente trabajo tiene por objetivo realizar un análisis de la variación espacial de áreas urbanas de la cuenca del río Luján, en un periodo temporal que abarca los años 1990 a 2010, a partir de cartografía temática e indicadores cuantitativos utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG).

## **Análisis de evolución espacial**

La temática urbana, como campo multidisciplinar, ha generado una gran variedad de líneas de investigación. En este contexto, la Geografía se presenta como la disciplina con mayor potencial para el estudio de los patrones de distribución espacio-temporal a través de su postura cuantitativa y racionalista, la cual permite realizar aportes orientados en los conceptos de localización, distribución espacial, asociación espacial, interacción espacial y evolución espacial. La metodología de análisis espacial apoyado en el uso de SIG, en el marco de la Geografía Aplicada, se orienta en la búsqueda de generalidades y regularidades en el comportamiento espacial y permite llegar a modelizaciones con la finalidad de explicar y predecir patrones espaciales (Buzai y Baxendale, 2013).

El enfoque temporal, desde el análisis espacial cuantitativo (Buzai, 2010), pretende captar las variaciones de las distribuciones espaciales en el tiempo. En este sentido, se han realizado interesantes avances orientados al análisis y modelización espacio-temporal (Aguilera, 2002; Batty, 2005; Buzai y Baxendale, 2011), entre los cuales podemos mencionar aquellos enfocados en la dinámica urbana y modelos de cambios de usos del suelo a diferentes escalas espaciales. De esta manera, se puede proceder a partir de un análisis histórico y prospectivo. En el primer caso, se busca conocer la evolución pasada de las configuraciones espaciales actuales, es decir, conocer el origen del proceso de expansión urbana actual. Para ello, se ha propuesto la metodología de detección de cambios de usos del suelo (Pontius *et al.*, 2004), cuya aplicación se encuentra en numerosos trabajos de investigación a nivel nacional e internacional que han obtenido interesantes resultados (Plata *et al.*, 2009; Ramírez y Pértile, 2013; Lara, 2014; Humacata, 2017). El diagnóstico territorial de la situación pasada y presente, nos permite avanzar hacia la generación de escenarios a futuro, considerando a la Geografía como una ciencia prospectiva. En este sentido, el avance hacia la modelización espacial permite determinar cuáles son los sitios más aptos para el crecimiento urbano, es decir, aquellos sitios que minimizan el conflicto entre usos del suelo (Malczewski, 1999; Gómez y Barredo, 2006; Príncipi, 2016), donde es

posible que la ciudad se expanda sin comprometer el desarrollo de espacios productivos y ecosistemas naturales (Xie y Sun, 2000; Aguilera *et al.*, 2009; Gómez y Rodríguez, 2012; Linares, 2015). De esta manera, se plasma uno de los objetivos principales de la Geografía con carácter aplicado, para lograr un desarrollo territorial sostenible en el marco del ordenamiento territorial a escala urbano-regional.

## **El modelo ciudad latinoamericana**

Los modelos de estructuración urbana tienen su origen en la Escuela de Chicago en la primera mitad del siglo XX, cuyo aporte pionero fue realizado por Burgues (1925), con el modelo de los anillos concéntricos. Años más tarde, Hoyt (1939) propone el modelo de los sectores. Como último aporte, se encuentra el modelo de núcleos múltiples formulado por Harris y Ullman (1945). Si bien estos modelos fueron propuestos para las ciudades estadounidenses, su aplicabilidad puede extenderse a las ciudades latinoamericanas. Como señala Buzai (2014), el trabajo de Schnore de 1965 estableció las diferencias estructurales entre las ciudades de América Anglosajona y América Latina. Se llega a la conclusión de que las diferencias encontradas entre ambas ciudades forman parte de un modelo evolutivo que va desde las ciudades preindustriales a las ciudades industriales, siendo imposible la creación de modelos que contemplen las pautas histórico-culturales de cada región. Por tal motivo, Buzai (2014), siguiendo a Yujnovsky (1971), concluye que el modelo de ciudad latinoamericana es el resultado de la confluencia de diferentes tipologías de ciudades.

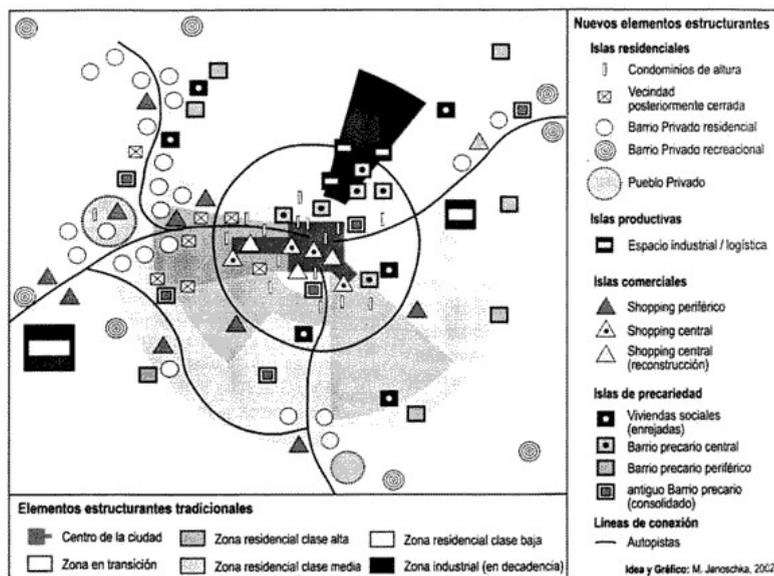
A partir de la década de los setenta, se propusieron modelos para analizar la estructura urbana de las ciudades latinoamericanas. Los primeros aportes vinieron de los geógrafos alemanes (Bähr, 1976; Mertins, 1980), los cuales propusieron el modelo de grandes ciudades latinoamericanas (Bähr y Mertins, 1981). En años posteriores se produjeron aportes de los geógrafos norteamericanos (Griffin y Ford, 1980; Ford, 1996), que se sumaron al debate sobre la formulación de modelos adecuados para el análisis del crecimiento de las ciudades latinoamericanas.

Los aportes más recientes intentan lograr una actualización incorporando las nuevas tendencias del desarrollo urbano de las últimas décadas. Con base en esto, Borsdorf (2003), menciona los aportes de Meyer y Bähr (2001), para el caso de Santiago de Chile; el modelo de la ciudad de Buenos Aires propuesto por Janoschka (2002), y el modelo de Borsdorf (2002) basado en las ciudades de Santiago de Chile, Lima, Quito y Ciudad de México. Estos aportes han sido incorporados en un modelo unificado presentado en Borsdorf, Bähr y Janoschka (2002), y se presenta como el modelo de ciudad fragmentada

(Buzai, 2014), cuyas características culturales propias de la posmodernidad han dado lugar a un espacio urbano cada vez más fragmentado.

En ese sentido, Janoschka (2002), señala que los modelos elaborados para la ciudad latinoamericana no tienen en cuenta las tendencias actuales de estructuración urbana, principalmente el cambio de escala del patrón de segregación socio-espacial bajo el proceso de fragmentación territorial. Es así como este autor plantea un modelo de ciudad latinoamericana (Figura 1) cuya característica es la forma de crecimiento insular, que puede expresarse en cuatro dimensiones integradas con los modelos propuestos en años anteriores:

- Islas de riqueza: hace referencia a la proliferación de nuevas urbanizaciones cerradas (bajo la modalidad de Barrios cerrados, Countries y Clubes de chacras) como desplazamiento de las clases sociales de poder adquisitivo medio-alto hacia las zonas suburbanas. En esta modalidad también se encuentran los condominios urbanos.
- Islas de producción: indica la localización de grandes parques industriales en las zonas suburbanas, que cuentan con un alto nivel de accesibilidad a partir de la red de autopistas.
- Islas de consumo: se refiere a la concentración de actividades terciarias (grandes centros comerciales y de negocios), como nuevas centralidades que se contrastan con los sub-centros urbanos tradicionales.



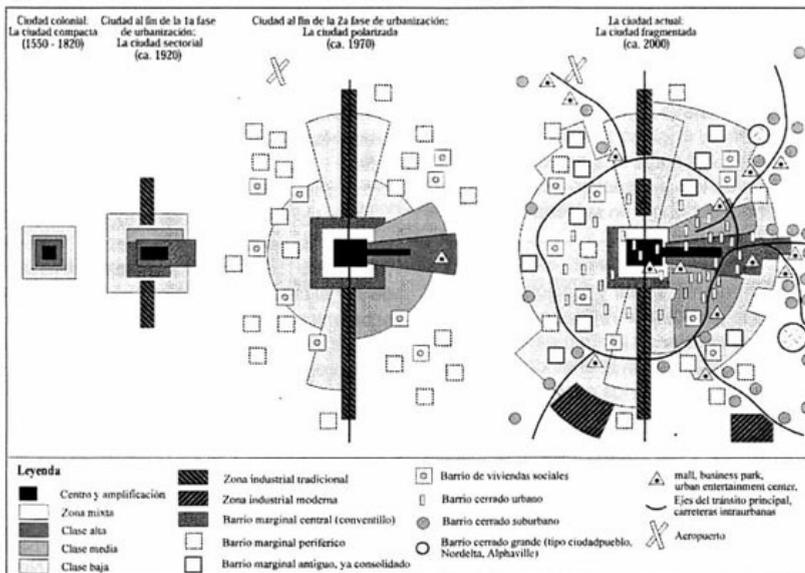
**Figura 1.** Modelo de ciudad latinoamericana propuesto por Janoschka (2002). Fuente: Janoschka (2002).

- Islas de precariedad: son los barrios informales que se encuentran en la zona central y periférica constituidos como asentamientos de marcada precariedad. Se incluyen los barrios de vivienda social.

Una de las características en el patrón de urbanización es la coexistencia de urbanizaciones cerradas y asentamientos precarios, acentuando la segregación socio-espacial. Esta situación se asocia a la extensión del sistema de autopistas metropolitanas, siguiendo un patrón tentacular, que privilegia la accesibilidad por transporte automotor privado.

El modelo evolutivo de la ciudad latinoamericana se presenta en la Figura 2. Se puede observar la configuración espacial urbana característica de cada periodo. Dicho modelo evolutivo refleja el cambio de la ciudad compacta a la ciudad fragmentada (Borsdorf, 2003).

En este trabajo nos centraremos en representar cartográficamente la distribución espacial de las urbanizaciones cerradas y las áreas urbanas compactas, a su vez nos ocuparemos en analizar la evolución espacial de estas dos modalidades de ocupación del suelo.



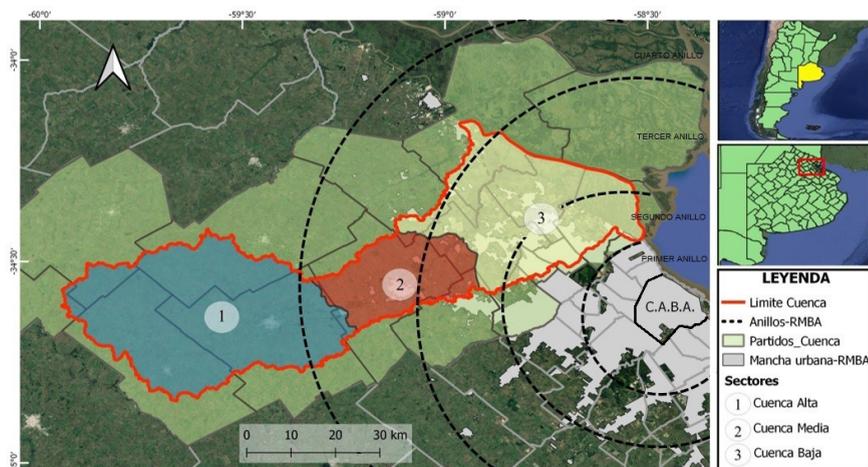
**Figura 2.** Modelo del desarrollo estructural de la ciudad latinoamericana.  
Fuente: Borsdorf (2003).

## El área de estudio

El área de estudio (Figura 3), corresponde a la cuenca hidrográfica del río Luján, ubicada al noreste de la provincia de Buenos Aires, cuya población total

es de 1.925.072 (INDEC, 2013), y tiene una superficie de 3.762 km<sup>2</sup>. La cuenca tiene una orientación suroeste-noreste, cuyo curso principal es el río Luján, con un recorrido de 157 km desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río de la Plata. Se divide en tres sectores (Instituto Nacional del Agua [INA, 2007]): cuenca alta, cuenca media y cuenca baja, abarcando de forma parcial dieciséis municipios (Buzai y Lanzelotti, 2019).

Presenta una gran diversidad de coberturas y usos del suelo, bajo un esquema de organización espacial que configura un gradiente urbano-rural, en dirección este-oeste, desde los municipios que forman parte del segundo anillo de la Región Metropolitana de Buenos Aires e integran la mancha urbana del Gran Buenos Aires, con altos niveles de densidad poblacional y ocupación del suelo, disminuyendo a medida que aumenta la distancia a la ciudad de Buenos Aires, como centro urbano de mayor densidad, extendiéndose hacia los municipios que forman parte de la franja urbano-rural, en el tercer y cuarto anillo, que presentan una mayor heterogeneidad de usos del suelo, hasta el sector de la cuenca alta, sujeto a la dinámica rural, donde la actividad agropecuaria ocupa la mayor superficie.



**Figura 3.** Cuenca del río Luján (Provincia de Buenos Aires, Argentina). Fuente: elaboración del autor.

## Materiales y métodos

### Categorías de análisis

Con base a los modelos urbanos para las ciudades latinoamericanas, podemos señalar que el crecimiento urbano en la cuenca del río Luján se presenta bajo dos modalidades. Tradicionalmente, el proceso de expansión de la aglomeración urbana ha seguido un patrón de crecimiento compacto en forma

de anillos concéntricos y sectores, cuya dinámica se centró en las ciudades de tamaño intermedio y a partir de la conurbación del Gran Buenos Aires. El actual proceso de urbanización, bajo el modelo de crecimiento urbano disperso o *urban sprawl* (Arellano y Roca, 2010), se caracteriza por la proliferación de urbanizaciones cerradas de baja densidad poblacional, con altos niveles de accesibilidad a partir de la red de autopistas metropolitanas, cuyo proceso se asocia a la suburbanización de clases sociales altas. A continuación, se definen las dos categorías que se considerarán para el análisis de la evolución del espacio urbano.

### Crecimiento urbano compacto

La modalidad de crecimiento urbano compacto hace referencia a una configuración espacial tradicional de las ciudades latinoamericanas, presentando un diseño en damero, con distinto grado de aglomeración de manzanas edificadas. Las mayores densidades de edificaciones corresponden a las ciudades cabecera de los municipios (Figura 4). La diversidad de tipos de asentamientos urbanos en el área de estudio, se plasman en tres subclases, según nivel de densidad de edificación y demográfica. Las áreas urbanas de mayor densidad, que forman parte de la aglomeración del Gran Buenos Aires y el centro histórico de las ciudades cabecera de municipios. Estas áreas cuentan con valores altos de concentración de población y viviendas, desde 50.000 habitantes para las ciudades de tamaño intermedio y de más de 500.000 habitantes para la conurbación de Buenos Aires. Las áreas urbanas de densidad media, se presentan en la zona periférica de las ciudades de tamaño intermedio y ciudades menores, cuentan con una menor densidad



**Figura 4.** Uso urbano compacto.  
Fuente: fotografía del autor.

de edificación, presencia de vegetación arbórea y de espacios libres. Estas localidades tienen una población que va de 10.000 a 50.000 habitantes. Por último, las áreas urbanas de baja densidad, hacen referencia a localidades menores a 10.000 habitantes, presentan una baja densidad de edificaciones y mayor presencia de vegetación.

### Crecimiento urbano disperso

En cuanto a esta modalidad, podemos señalar que uno de los rasgos más característicos es la baja densidad de edificaciones, contando con amplios sectores para la realización de actividades deportivas y recreativas, cuyo diseño urbano es irregular. Estas áreas, cuentan con un perímetro cerrado, con accesos controlados por dispositivos y fuerzas de seguridad privadas (Figura 5). Para el área de estudio, podemos definir cuatro tipos de urbanizaciones cerradas. Los barrios cerrados, presentan una residencia permanente de sus habitantes, cuya característica distintiva es el cerramiento mismo. Su ubicación se asocia a vías rápidas de circulación. La subclase, Club de campo, cuenta con una residencia permanente y en otros casos es transitoria, posee grandes espacios destinados a actividades deportivas y/o de esparcimiento (tales como polo y golf). Dentro de este tipo de urbanizaciones, se encuentran los clubes náuticos, que se localizan en áreas alejadas de los centros urbanos, donde existen espacios disponibles para la realización de este tipo de emprendimientos. Los clubes de chacras, cuentan con terrenos de gran superficie. Esta nueva modalidad se relaciona con un estilo de vida muy diferente al ámbito urbano, con un mayor contacto con la naturaleza, contando con equipamiento recreativo de uso comunitario y se ubican en áreas rurales. Por último, se encuentran los pueblos privados o ciudad pueblo, que son un conjunto de barrios asociados, con un área



**Figura 5.** Uso urbano disperso.  
Fuente: fotografía del autor.



de los patrones de distribución espacial de las categorías bajo análisis, cuyos procedimientos de superposición temática logran la definición de correspondencias espaciales desde un enfoque temporal. En este sentido, se procede al cruce de categorías de dos mapas de usos del suelo correspondiente a dos cortes temporales, dando como resultado la combinación de categorías que indican cambios y permanencias de usos del suelo (Buzai y Baxendale, 2011). Como hemos mencionado, el método de detección de cambios ha sido desarrollado por Pontius *et al.* (2004). Los procedimientos parten de la tabulación cruzada de dos mapas, lo que genera la denominada matriz de cambios (Tabla 1). La matriz se organiza en filas y columnas. En las filas se encuentran las categorías del mapa con corte temporal 1 (T1), mientras que en las columnas se representan las categorías del último corte temporal (T2). En la diagonal (señalado en color gris) se encuentran representadas las superficies que han permanecido estables, mientras que fuera de dicha diagonal, se registran las superficies de cada categoría que presentan transiciones a otras categorías desde el inicio al final del periodo analizado. Cabe señalar, que las columnas Total T1 y Total T2 representan la suma de cada categoría para cada año. La columna de pérdidas, hace referencia a la disminución de superficie de cada categoría entre los dos años, y la fila de ganancias, indica el aumento de superficie de cada categoría.

**Tabla 1.** Matriz de cambios

<i>Categorías</i>	<i>Categoría 1</i>	<i>Categoría 2</i>	<i>Categoría 3</i>	<i>Categoría n</i>	<i>Total T1</i>	<i>Pérdidas</i>
Categoría 1	P11	P12	P13	P1n	P1+	P1+ - P11
Categoría 2	P21	P22	P23	P2n	P2+	P2+ - P22
Categoría 3	P31	P32	P33	P3n	P3+	P3+ - P33
Categoría n	Pn1	Pn2	Pn3	Pnn	Pn+	Pn+ - Pnn
Total T2	P+1	P+2	P+3	P+n	1	
Ganancias	P+1-P11	P+2-P22	P+3-P33	P+n-Pnn		

**Fuente:** elaborado con base en Pontius *et al.* (2004).

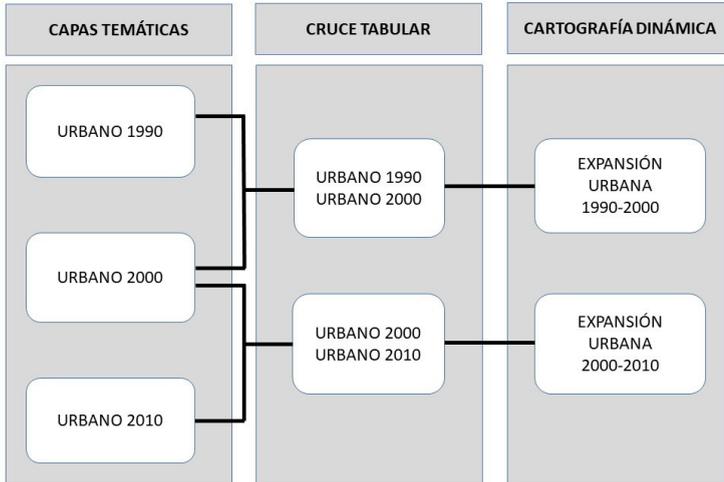
A partir de la matriz de cambios se procede a la obtención de indicadores cuantitativos y cartografía dinámica, que permiten evaluar la magnitud de los cambios, enfocados en determinar las superficies de aumento y disminución (ganancias y pérdidas), cambio neto y cambio total, y los intercambios entre categorías. En nuestro caso de estudio, enfocado en la evolución de áreas urbanas, y considerando que no presentan superficies de pérdidas, nos centraremos en cuantificar las superficies de expansión urbana, como avance o ganancia de este uso sobre otros usos del suelo. De esta manera, la

obtención de las superficies ligadas al crecimiento urbano serán consideradas a partir de las siguientes fórmulas:

*Crecimiento urbano absoluto (CUA):* Valor final – Valor inicial

*Crecimiento urbano relativo (CUR):* ((Valor final – Valor inicial)/Valor inicial)\*100

A continuación, presentamos un esquema que sintetiza la propuesta metodológica.



**Figura 7.** Esquema metodológico.  
Fuente: elaboración del autor.

## Análisis de los resultados

### *Evolución de áreas urbanas de la cuenca del río Luján*

La componente urbana para el año 2010, presenta una superficie de 52.786 ha, lo que representa el 14% de la superficie total de la cuenca, siendo las áreas urbanas compactas, con el 9%, las que mayores superficies ocupan. El crecimiento urbano en el periodo considerado, presenta un incremento absoluto de 17.879 ha, lo que representa un aumento del 34% de la superficie urbana total, lo cual indica el avance de la urbanización sobre otros usos del suelo. En la Tabla 2, se presenta la matriz de cambios para el periodo 1990-2000, que señala que el mayor crecimiento urbano se dio por el avance de la modalidad urbano disperso, con un total de 5.225 ha. En este periodo, la superficie total de expansión urbana fue de 6.289 ha, representando un 35% de la superficie de cambio total para el periodo considerado. En la Tabla 3, los cambios para el periodo 2000-2010, indican el mayor crecimiento urbano

de todo el periodo, con un total de 11.590 ha, que se suman al uso del suelo urbano, representando un 65% de la superficie total. En este periodo, la tendencia del avance urbano disperso se acentúa, con un crecimiento de 8.062 ha, frente a las 3.528 ha del uso urbano compacto.

**Tabla 2.** Matriz de cambios (ha), 1990-2000

		Año 2000				
	Categorías	Urbano compacto	Urbano disperso	Otros usos	Total	Pérdidas
Año 1990	Urbano compacto	30.296	0	0	30.296	0
	Urbano disperso	0	4.611	0	4.611	0
	Otros usos	1.064	5.225	341.296	347.585	6.289
	Total	31.360	9.836	341.296		
	Ganancias	1.064	5.225	0		

**Fuente:** elaboración del autor.

**Tabla 3.** Matriz de cambios (ha), 2000-2010

		Año 2010				
	Categorías	Urbano compacto	Urbano disperso	Otros usos	Total	Pérdidas
Año 2000	Urbano compacto	31.360	0	0	30.296	0
	Urbano disperso	0	9.836	0	4.611	0
	Otros usos	3.528	8.062	335.006	346.596	11.590
	Total	34.888	17.898	335.006		
	Ganancias	3.528	8.062	0		

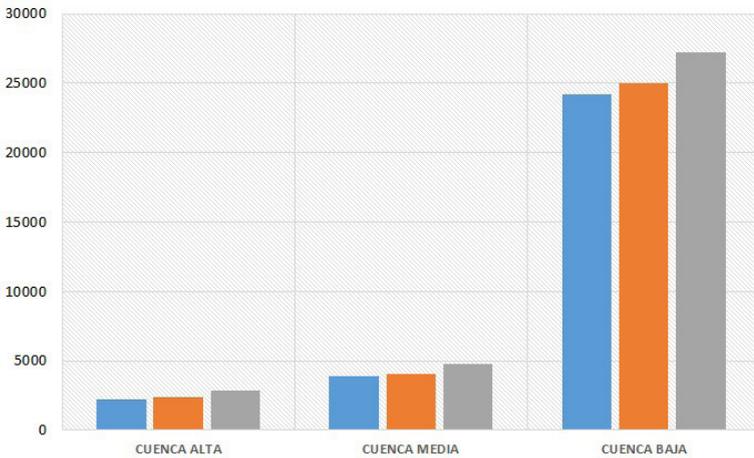
**Fuente:** elaboración del autor.

### Evolución espacial del uso urbano compacto

El uso urbano compacto se presenta con una marcada diferenciación espacial, según los sectores de la cuenca (Figura 8). La mayor superficie urbana se encuentra en el sector de la cuenca baja, donde se localizan los municipios que forman parte del Aglomerado Gran Buenos Aires. Cuenta con un total de 27.260 ha para 2010, alcanzando para esa fecha un valor relativo del 20% con respecto

a la superficie del sector. En cuanto al resto de los sectores, no superan las 5.000 ha de superficie urbana, siendo el sector de la cuenca alta el que cuenta con la menor proporción de superficie urbana.

En términos relativos (Tabla 4), el crecimiento urbano se ha dado con un aumento mayor en el sector de la cuenca alta y media. En el primer caso, con un 29.49% de incremento de superficie, y en el segundo, con un 22.23%, siendo el periodo de 2000 a 2010, el que mayor aporte de superficie generó. En cuanto al sector de la cuenca baja, presenta un incremento total del 12.7%, dándose la mayor expansión urbana en el último periodo.



**Figura 8.** Evolución de la superficie (hectáreas) del uso urbano compacto (1990-2010), según sectores.

Fuente: elaboración del autor.

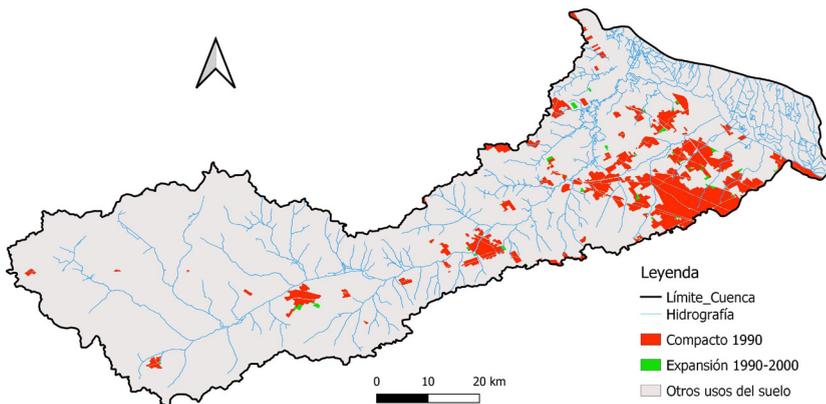
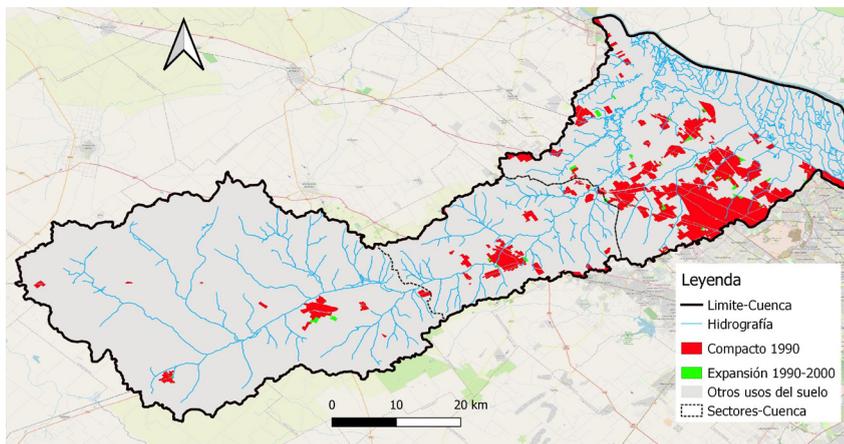
**Tabla 4.** Evolución de la superficie (hectáreas) del uso urbano compacto (1990-2010), según sectores

Sector	Área del sector (Ha)	Compacto 1990 (Ha)	Compacto 2000 (Ha)	Compacto 2010 (Ha)	% sobre total sector 1990	% sobre total sector 2000	% sobre total sector 2010	Incremento 1990-2000 (%)	Incremento 2000-2010 (%)	Incremento 1990-2010 (%)
Cuenca Alta	184168	2184	2354	2828	1,19	1,28	1,54	7,78	20,14	29,49
Cuenca Media	61343	3927	4041	4800	6,40	6,59	7,82	2,90	18,78	22,23
Cuenca Baja	130556	24185	24965	27260	18,52	19,12	20,88	3,23	9,19	12,71
Total Cuenca	376067	30296	31360	34888	8,06	8,34	9,28	3,51	11,25	15,16

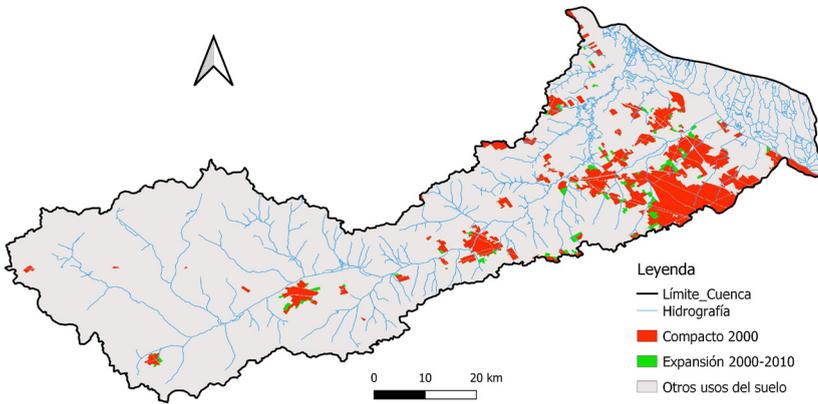
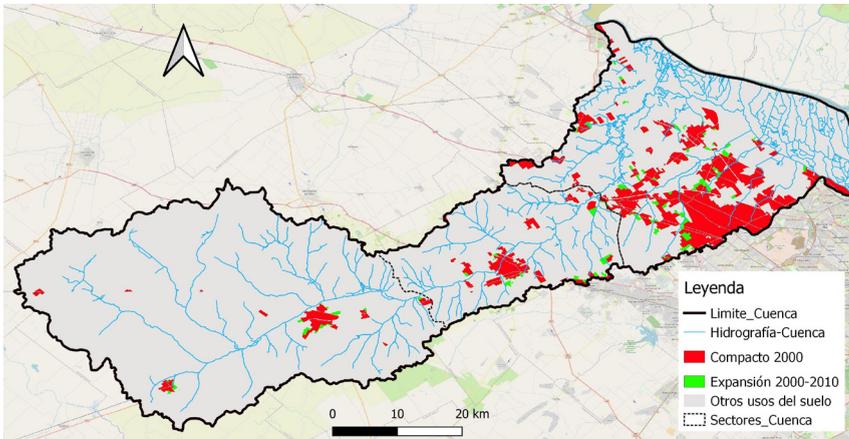
Fuente: elaboración del autor.

La metodología de superposición cartográfica de series temporales, nos permite analizar la expansión urbana y definir la evolución de los patrones de distribución espacial. Como hemos señalado, gran parte del espacio urbano compacto integra la aglomeración del Gran Buenos Aires, principalmente

aquellos municipios que forman parte de la cuenca baja, tales como José C. Paz, Pilar, y Tigre, entre otros. Sumado a esto, en el resto de los sectores, existen una serie de ciudades intermedias cabecera de municipios, tales como Luján y Mercedes que cuentan con la mayor superficie de crecimiento, y numerosas localidades menores, las cuales se mantuvieron estables. En la Figura 9 y la Figura 10, se presenta el crecimiento del uso urbano compacto. El crecimiento de la superficie compacta se ha realizado siguiendo un patrón de contigüidad espacial, avanzando desde áreas urbanas preexistentes.



**Figura 9.** Evolución espacial del uso urbano compacto 1990-2000.  
Fuente: elaboración del autor.



**Figura 10.** Evolución espacial del uso urbano compacto 2000-2010.

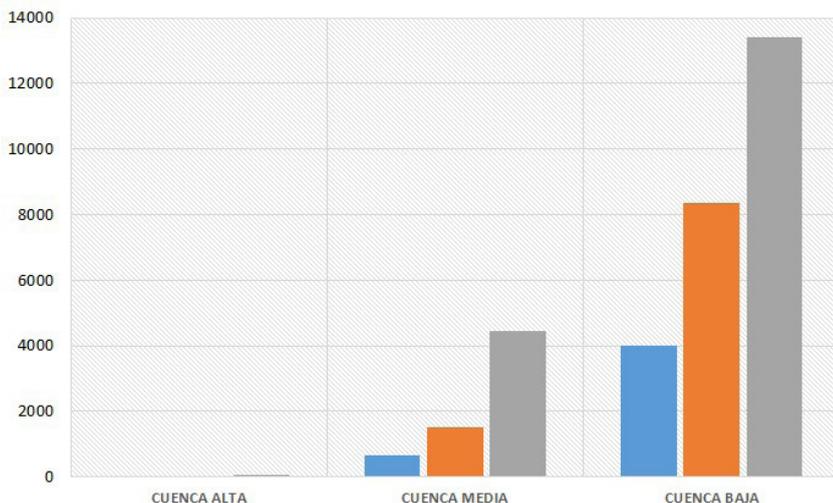
Fuente: elaboración del autor.

### Evolución espacial del uso urbano disperso

El uso urbano disperso (Figura 11), se distribuye con mayor presencia en el sector de la cuenca baja, donde se inició esta modalidad de ocupación del suelo. Para el año 2010, este sector reúne un valor absoluto de 13.403 ha, llegando a ocupar el 10% de la superficie total del sector. Por su parte, el sector de la cuenca media, cuenta con un total de 4.448 ha, ocupando el 7% de la superficie de su sector. Por último, el sector de la cuenca alta, es el que presenta la menor superficie de urbanizaciones cerradas, dándose en el último periodo.

En cuanto al crecimiento relativo (Tabla 5), los sectores de la cuenca media y baja fueron los que presentaron los mayores incrementos. En el primer

caso, que abarca gran parte del municipio de Luján y el sector oeste de Pilar, se dio un incremento total del 607,15%, siendo el último periodo el de mayor expansión. El sector de la cuenca baja, tuvo un incremento total de 236,59 %, dándose el mayor avance en el periodo 1990-2000.



**Figura 11.** Evolución de la superficie (ha) del uso urbano disperso (1990-2010), según sectores.

Fuente: elaboración del autor.

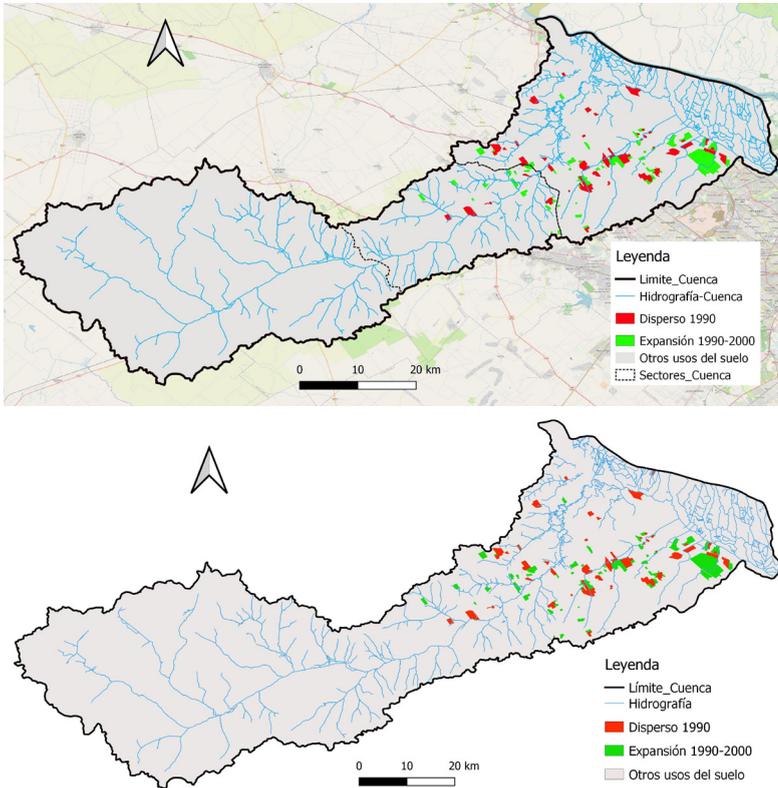
**Tabla 5.** Evolución de la superficie (hectáreas) del uso urbano disperso (1990-2010), según sectores

Sector	Área del sector (Ha)	Disperso 1990 (Ha)	Disperso 2000 (Ha)	Disperso 2010 (Ha)	% sobre total sector 1990	% sobre total sector 2000	% sobre total sector 2010	Incremento 1990-2000 (%)	Incremento 2000-2010 (%)	Incremento 1990-2010 (%)
Cuenca Alta	184168	0,00	0,00	47	0,00	0,00	0,03	0,00	100	100
Cuenca Media	61343	629	1487	4448	1,03	2,42	7,25	136,41	199,13	607,15
Cuenca Baja	130556	3982	8349	13403	3,05	6,39	10,27	109,67	60,53	236,59
Total Cuenca	376067	4611	9836	17898	1,23	2,62	4,76	113,32	81,96	288,16

Fuente: elaboración del autor.

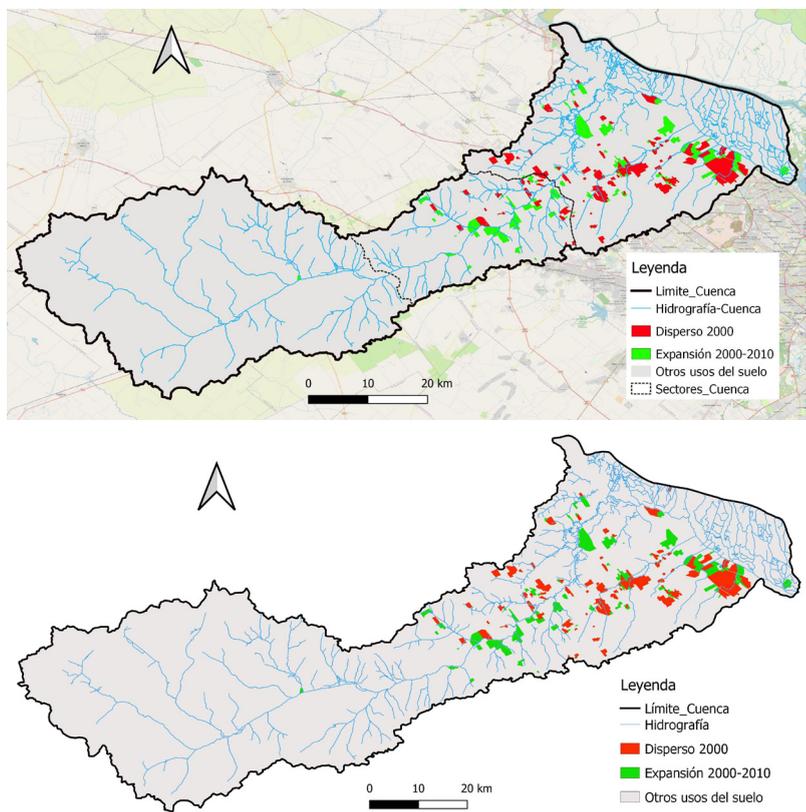
Quando se analiza la evolución espacial del uso urbano disperso (Figura 12 y Figura 13) en el periodo bajo estudio, se puede notar que las primeras urbanizaciones cerradas, se encuentran localizadas en torno a la red de autopistas. En este caso, podemos mencionar la autopista Panamericana, que a partir de la extensión de sus ramales atraviesa varios municipios de la cuenca, tales como Tigre, Escobar y Campana, y la extensión del ramal Pilar hacia Exaltación de la Cruz. Por su parte, la autopista del Oeste, recorre los

municipios de Moreno, General Rodríguez y Luján, a partir del cual se extiende la autovía de la ruta 5 hacia el municipio de Mercedes. La gran mayoría de urbanizaciones cerradas para el año 1990, fueron countries, mientras que los barrios cerrados se presentan con una menor cantidad. La configuración espacial para el año 2000, se presenta con un nuevo tipo de urbanización, que corresponde a la subcategoría pueblo privado-ciudad pueblo, cuyo referente es Nordelta, en el municipio de Tigre. Además, surgen los primeros clubes de chacras en el ámbito rural, principalmente en los municipios de Campana y Luján. En el corte temporal referido a 2000-2010, la tendencia del uso urbano disperso se acentúa en todos sus tipos y se produce la mayor expansión. Crece la cantidad de barrios cerrados en los municipios de la cuenca baja, aparecen nuevos megaemprendimientos y clubes de chacras, siendo el sector de la cuenca media el que presenta el mayor dinamismo.



**Figura 12.** Evolución espacial del uso urbano disperso 1990-2000.

Fuente: elaboración del autor.



**Figura 13.** Evolución espacial del uso urbano disperso 2000- 2010.  
Fuente: elaboración del autor.

## Conclusiones

A lo largo del presente trabajo, hemos desarrollado los aspectos conceptuales y metodológicos que guían la aplicación de los SIG para el análisis de evolución espacial de áreas urbanas. El objetivo de los estudios que se enfocan en la dinámica espacial, apuntan al descubrimiento de los patrones de crecimiento urbano y cambios de usos del suelo. Los aportes metodológicos del análisis espacial posibilitaron la realización de cartografía temática y el análisis temporal de las categorías urbano compacto y urbano disperso. Los procedimientos corresponden al modelado cartográfico, que se orientan a la cuantificación de los cambios y la distribución espacial de usos del suelo.

Los resultados obtenidos indican que el área de estudio presenta una evolución espacial diferenciada a partir de las categorías de análisis y los sectores de la cuenca. Se hace notar el gran dinamismo que han atravesado

los municipios que forman parte de la cuenca baja. La modalidad urbano disperso, es la que ha representado el mayor cambio, con un avance de superficie de 12.287 ha en estos veinte años bajo estudio. En tal sentido, los aportes futuros en esta línea de investigación apuntan a medir el impacto del crecimiento urbano sobre otros usos del suelo y coberturas del medio natural.

## Bibliografía

- Aguilera Benavente, F., Plata Rocha, W., Bosque Sendra, J., Gómez Delgado, M. (2009). Diseño y simulación de escenarios de demanda de suelo urbano en ámbitos metropolitanos. *Revista Internacional Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 4, 57-80.
- Aguilera Ontiveros, A. (2002). *Ciudades como tableros de ajedrez. Introducción al modelado de dinámicas urbanas con autómatas celulares*. San Luis Potosí: El Colegio de San Luis.
- Arellano, B., Roca, J. (2010). El UrbanSprawl, ¿Un Fenómeno de alcance planetario? Los Ejemplos de México y España. *Arquitectura, Ciudad y Entorno*, 4 (12), 115-147.
- Bähr, J. (1976). Neuere Entwicklungstendenzen lateinamerikanischer Großstädte. *Geographische Rundschau*. 28, 125-133.
- Bähr, J., Mertins, G. (1981). Idealschema der sozialräumlichen Differenzierung lateinamerikanischer Grosstädte. *Geographische Zeitschrift*, 1 (69), 1-33.
- Batty, M. (2005). Approaches to Modelling in GIS: Spatial Representation and Temporal Dynamics. En Maguire, D. J., Batty, M., Goodchild, M. F. (Eds.), *GIS, Spatial Analysis, and Modelling* (pp. 41-61). ESRI Press. Redlands.
- Borsdorf, A. (2002). Barrios cerrados in Santiago de Chile, Quito y Lima: tendencias de la segregación socio-espacial. En Cabrales, L. F. (Ed.), *Latinoamérica: Países abiertos, ciudades cerradas* (pp. 581-610). Guadalajara: Universidad de Guadalajara-UNESCO.
- Borsdorf, A. (2003). Cómo modelar el desarrollo y la dinámica de la ciudad latinoamericana. *EURE*, 29 (86), 37-49.
- Borsdorf, A., Bähr, J., Janoschka, M. (2002). Die Dynamik stadtstrukturellen Wandels in Lateinamerika im Modell der lateinamerikanischen Stadt. *Geographica Helvetica*, 57.
- Burguess, E. W. (1925). The growth of the city: an introduction to a research Project. In R. E. Park, E. W. Burgess and R. D. McKenzie (Eds.), *The City* (pp. 47-62). University of Chicago Press. Chicago.
- Buzai, G. D. (Ed.) (2010). *Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Aspectos conceptuales y metodológicos*. Universidad Nacional de Luján. Luján.
- Buzai, G. D.; Baxendale, C. A. (2011). *Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica. Tomo 1: Perspectiva científica/Temáticas de base raster*. Buenos Aires.
- Buzai, G. D.; Baxendale, C. A. (2013). Aportes del análisis geográfico con Sistemas de Información Geográfica como herramienta teórica, metodológica

- y tecnológica para la práctica del ordenamiento territorial. *Persona y Sociedad*, 27 (2), 113-141.
- Buzai, G. D.; Lanzelotti, S. (2019). *Atlas de Geografía Humana de la cuenca del río Luján*. Instituto de Investigaciones Geográficas: Luján.
- Buzai, G. D.; Marcos, M. (2014). Buenos Aires (Argentina): el mapa social a través de puntajes de clasificación espacial. *Mapas Sociales Urbanos*. 2da. Ed., Buenos Aires.
- Carter, H. (1983). *El estudio de la Geografía Urbana*. Instituto de Estudios de Administración Local: Madrid.
- Ford, L. (1996). A new and Improved Model of Latin American City Structure. *Geographical Review*, 86 (3), 437-440.
- Gómez Delgado, M., Barredo Cano, J. I. (2006). *Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. Alfaomega-Ra-Ma: México.
- Gómez Delgado, M., Rodríguez Espinosa, V. M. (2012). *Análisis de la dinámica urbana y simulación de escenarios de desarrollo futuro con tecnologías de la Información Geográfica*. Ra-Ma: Madrid.
- Griffin, E.; Ford, L. (1980). A model of Latin American city structure. *Geographical Review*, 70 (4), 397-422.
- Harris, C. D., Ullman, E. L. (1945). The nature of cities. *The Annals of the American Academy of Political and Social Sciences*, CCXLII, 7-17.
- Henríquez Ruíz, C. (2014). *Modelando el crecimiento de las Ciudades Medias*. Ediciones UC: Santiago.
- Hoyt, H. (1939). The Structure and Growth of Residential Neighborhoods in American Cities. *Federal Housing Administration*. Washington.
- Humacata, L. (2017). *Análisis espacial de los cambios de usos del suelo en partidos de interfase urbano-rural de la Región Metropolitana de Buenos Aires, en el periodo 2000-2010, mediante la aplicación de Tecnologías de la Información Geográfica* [Tesis de Maestría en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires].
- Humacata, L., Cantarelo, C., Vilella, S. (2020). Cartografía de Áreas Urbanas de la cuenca del río Luján (Provincia de Buenos Aires, Argentina), en el periodo 1990-2010. *Revista Posición*, 3, 1-16.
- INA (2007). *Diagnóstico del funcionamiento hidrológico hidráulico de la cuenca del río Luján (Provincia de Buenos Aires)*. <http://www.delriolujan.com.ar/estudioina.html>
- INDEC (2013). Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda 2010. Instituto Nacional de Estadística y Censos, Buenos Aires.
- Janoschka, M. (2002). El nuevo modelo de la ciudad latinoamericana: fragmentación y privatización. *EURE*, 28 (85), 11-20.
- Lara, B. (2014). *Fragmentación de pastizales en el centro de la provincia de Buenos Aires mediante imágenes LANDSAT* [Tesis de Maestría en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires].

- Linares, S. (2015). Aplicación de modelos de simulación de crecimiento urbano. En Buzai, G. D., Cacace, G., Humacata, L., Lanzelotti, S. L. (Comp.) (2015). *Teoría y métodos de la Geografía Cuantitativa. Libro 1: Por una Geo-grafía de lo real*. MCA Libros: Mercedes.
- Malczewski, J. (1999). *GIS and multicriteria decision analysis*. John Wiley & Sons. New York.
- Matteucci, S., Morello, J., Buzai, G., Baxendale, C., Silva, M., Mendoza, N., Pengue, W., Rodríguez, A. (2006). *Crecimiento urbano y sus consecuencias sobre el entorno rural. El caso de la ecorregión pampeana*. Orientación Gráfica Editora. Buenos Aires.
- Mertins, G. (1980). Typen inner-und randstädtischer Elendsviertel in Großstädten des andinen Südamerika. *Lateinamerika Studien*, 7, 269-295.
- Meyer, K., Bähr, J. (2001). Condominios in Greater Santiago de Chile and their Impact on the Urban Structure. *Die Erde*, 132 (3), 293-321.
- Plata Rocha, W., Gómez Delgado, M., Bosque Sendra, J. (2009). Cambios de usos del suelo y expansión urbana en la comunidad de Madrid (1990-2000). *Scripta Nova. Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. Universidad de Barcelona.
- Pontius, R. G., Shusas, E., McEachern, M. (2004). Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 101, 251-268.
- Príncipi, N. (2016). *Evaluación Multicriterio para la identificación de áreas con potencial conflicto entre usos del suelo en la cuenca del río Luján (Buenos Aires, Argentina)*. [Tesis de Maestría en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección, Universidad de Costa Rica y Universidad Nacional] Costa Rica.
- Ramírez, L., Pértile, V. C. (2013). Cambio de uso de suelo y tendencias de la expansión urbana entre 1990 y 2030 en Juan José Castelli y Villa Ángela, Chaco, Argentina. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*, 5 (5), 194-216. <https://revistageosig.wixsite.com/geosig>
- Xie, Y.; Sun, Z. (2000). *Dynamic Urban Evolution Model Base don Cellular Automata*. Ige: Ypsilanti.
- Yujnovsky, O. (1971). *La estructura interna de la ciudad. El caso latinoamericano*. Ediciones SIAP: Buenos Aires.



# Zonificación de humedales en la planificación urbana. Estudio de caso: humedal Calabozo

## Zonification of wetlands in urban planning. Case study: Calabozo wetland

Eduardo Andrés Torres Lara<sup>1</sup>

Gianni José Leal Parra<sup>2</sup>

*Fecha de recibido: 15 de febrero de 2021*

*Fecha de aceptado: 6 de febrero de 2022*

### Resumen

Este artículo trata sobre la incorporación de criterios de zonificación en el proceso de planificación urbana. Se utiliza un proceso de análisis espacial sobre imágenes satelitales para determinar la situación en la que se encuentra el sector del humedal Calabozo en Chile. Además, se trabajó con un set de fotografías aéreas digitales del sector de Calabozo desde el año 2006 al 2017. Para los efectos de delimitar la zona de humedales del sector Calabozo se calcularon los índices NDVI y MNDWI, dada su intención de convertirlo en Área Verde Interurbana (AVI) por parte de la Municipalidad de Coronel. Se espera que esta metodología incida en la formulación de las zonificaciones que establecen los instrumentos de planificación territorial, aportando criterios ambientales bajo un análisis detallado e interdisciplinario de la situación hídrica de la zona de humedal.

*Palabras clave: humedal, planificación urbana, área metropolitana de Concepción.*

<sup>1</sup> Municipalidad de Coronel, Chile, correo electrónico: [etorreslarazo@gmail.com](mailto:etorreslarazo@gmail.com)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5306-154X>

<sup>2</sup> Forestal Arauco, Chile, correo electrónico: [galealparra@gmail.com](mailto:galealparra@gmail.com)

## Abstract

This article is about the incorporation of zonification criteria on the urban planification process. An spatial analysis process is used on satellite images to determine the situation of Calabozo wetland sector. Although, it was worked with a set of areal digital photographs of the Calabozo sector from 2006 to 2017. For delimitation effects of the zone of the wetland sector of Calabozo due to the intentions of turn it up into an interurban green area for the city hall of Coronel, the procedure was to calculate the index of normalized difference of vegetation and the index of normalized modification of water difference. It is hoped that this methodology takes part on the formulation of territorial planification, giving environmental criteria under a detailed analysis of hydric situation of the wetland zone.

*Key words: wetland, urban planification, metropolitan area of Concepción.*

## Introducción

Las ciudades chilenas experimentan un fuerte crecimiento, algunas en altura otras en extensión. Sea cual fuese el caso, en Chile el 87,8% de su población reside en ciudades (Instituto Nacional de Estadísticas [INE], 2018). Esta población se concentra en conurbaciones donde destacan el Área Metropolitana de Santiago, el Gran Valparaíso y el Área Metropolitana de Concepción (AMC), siendo este último territorio de interés para esta investigación.

El AMC concentra dos tercios de la población total de la región del Biobío, lo cual se traduce en una fuerte presión de sus suelos para la satisfacción de la demanda habitacional. En esta área metropolitana las comunas que más han consumido suelo urbano son San Pedro de la Paz y Coronel. Este crecimiento se refleja en la ocupación de grandes extensiones de terreno en la periferia urbana, situación descrita teóricamente por Barton (2006, p. 29).

Esta expansión urbana es regulada por las normas contenidas en los planes reguladores comunales y por el plan regulador metropolitano, siendo estos los instrumentos normativos que establecen una división por zonas del territorio asignando los usos permitidos y las normas básicas de urbanización. Jaque Castillo y otros (2017, p. 109) desarrollaron un extenso diagnóstico de estos instrumentos de planificación, concluyendo que, para lograr un desarrollo sustentable, se deben considerar todas las variables que intervienen en el territorio.

Esta acelerada expansión que experimentan las comunas del AMC se concentra en las áreas de alto valor natural, las que están siendo fuertemente

presionadas a destinar su uso como residencial, industrial o mixto, en donde una pequeña alteración en este frágil ecosistema termina por producir alteraciones significativas en el medio ambiente local. Es así que, una forma de controlar los impactos del crecimiento urbano en sectores de fragilidad ambiental como los humedales, es estableciendo normas urbanas que restrinjan los usos de estos terrenos. Estas zonificaciones deben estar respaldadas por argumentos, técnicas y evidencias basadas en métodos científicos, replicables y verificables.

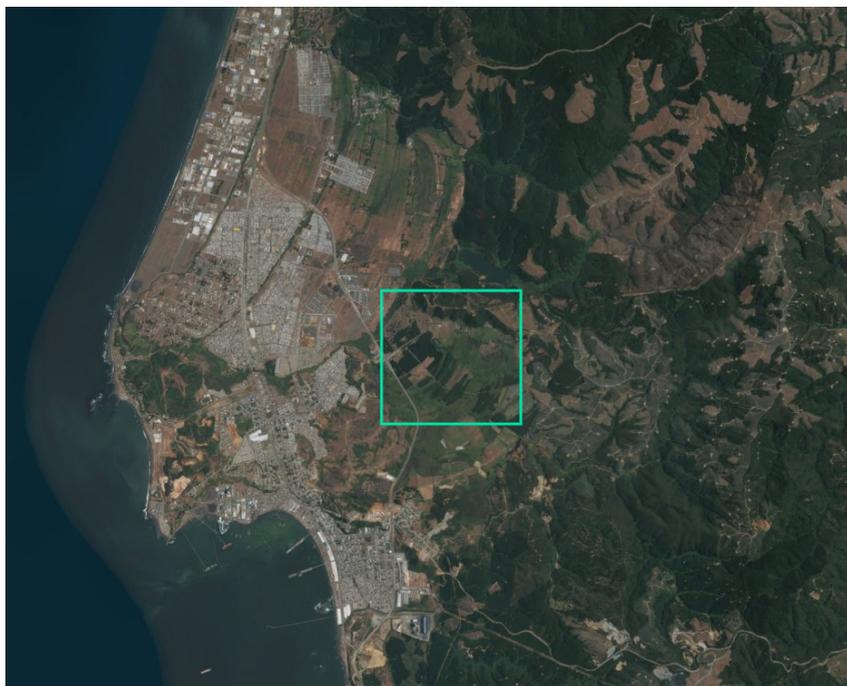
## **Objetivo del estudio**

El objetivo es definir una propuesta óptima de zonificación urbana para el sector Calabozo de la ciudad de Coronel, considerado de una alta fragilidad ambiental al ser una zona de recepción y acumulación hídrica, formando parte esencial de la red de esteros que atraviesan la zona urbana de la comuna. Este sistema hídrico no ha sido reconocido en el proceso de modificación del Plan Regulador Metropolitano de Concepción (PRMC) el cual deja sin protección, en lo que respecta a la normativa urbana, a esta importante zona.

## **Contexto territorial**

La comuna de Coronel es parte del Área Metropolitana del Gran Concepción, conurbación que alberga a 970.973 habitantes (INE, 2018) de los cuales la comuna presenta un 12.56% del total. En el último periodo la comuna ha experimentado un aumento de población intercensal de 20 mil habitantes. La ciudad presenta una extensa superficie disponible para la urbanización, la cual se localiza en el sector nororiente dentro del límite urbano. Esta superficie se compone de praderas y humedales de las cuales 230 hectáreas están normadas por el Plan Regulador Comunal. El sector correspondiente a humedales es el localizado en el sector de Calabozo y su superficie se estima en 300 hectáreas (Figura 1), las cuales están catalogadas como área de extensión urbana y son normadas por el Plan Regulador intercomunal.

En esta zona de humedales, según el Plan Maestro de Aguas Lluvias, confluyen una vasta red de quebradas y esteros provenientes de tres subcuencas definidas en el mismo informe. Es justamente en el sector denominado Calabozo donde se localiza del más extenso e importante humedal. De esta zona de acumulación hídrica se da origen al estero Villa Mora, el cual es parte fundamental del humedal Boca Maule.



**Figura 1.** Localización Humedal Calabozo, comuna de Coronel.

Fuente: elaboración propia, adaptado de Esri Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS.

## **Análisis de la problemática local**

En la comuna de Coronel, específicamente en el sector poniente de la comuna, existe un complejo sistema hídrico asociado a una red de esteros, quebradas, lagunas y humedales ubicados en la planicie litoral que se extiende desde la comuna de San Pedro de la Paz hasta la comuna de estudio. Este sistema aporta con una multiplicidad de servicios ecosistémicos relevantes al territorio urbano, tales como diversidad paisajística, recreación, biodiversidad, estabilización climática, control de inundaciones, recarga de aguas subterráneas, reserva de agua dulce, entre otros.

No obstante aquello, la propuesta de modificación del PRMC no reconoce los humedales y quebradas localizadas tanto en el sector de Calabozo (Zona ZEU-4<sub>(2)</sub>) como en las cuencas hídricas asociadas a Calabozo y Estero El Manco (Zona ZEU-3(14)), siendo el primer caso el área donde se desarrolló el presente estudio.

Dadas las condiciones descritas, el sector Calabozo presenta riesgos naturales asociados a anegamientos e inundaciones. La presencia del

nivel freático se encuentra casi a nivel superficial conformando suelos de rápida saturación; es aquí donde la presión inmobiliaria, ya sea formal o de asentamientos informales, se conjugan para generar condiciones de riesgos para la población, para lo cual se requiere precisar una zonificación que restrinja su uso para destinos urbanos que constituyan incompatibilidad.

## Aspectos metodológicos

Con el objeto de determinar la situación en la que se encuentra el sector del humedal Calabozo se realizó un proceso de análisis espacial sobre imágenes satelitales. Por una parte, se utilizaron imágenes de la misión Sentinel 2A de la Agencia Espacial Europea (ESA, por sus siglas en inglés) lanzada el 23 junio de 2015. Por otra parte, se utilizaron imágenes del programa Landsat de las agencias NASA/USGS. De este último programa sus satélites corresponden a una misión iniciada en el año 1972 hasta nuestros días y que van desde los satélites Landsat 1 al 8 (en la misión 6 hubo un problema con su puesta en órbita) (Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio [NASA], 2017). Lo primeros tres corresponden a sistemas de radar. Ya desde el Landsat 4 en adelante las misiones transportaron sensores ópticos (MSS, TM, ETM+, OLI/TIRS) con resoluciones que van desde los 30 metros en el espectro visible y 15 metros en pancromático para Landsat 8 (Servicio Geológico de los Estados Unidos [USGS], 2017). Cabe destacar que, si bien la misión Sentinel posee una mejora en la resolución espacial (15 metros), Landsat posee una mejor resolución temporal que la hace indispensable en cualquier análisis de series de tiempo (NASA, 2017).

## Materiales

La adquisición de las imágenes Sentinel se realizaron desde el sitio web Copernicus Open Acces Hub de la ESA y las imágenes Landsat desde el sitio web Earth Explorer de la USGS. En ambos casos, se seleccionaron las imágenes con la menor cobertura de nubes posible entre los años 2015-2017/mediados de verano para Sentinel y 2013-2017/mediados de verano para Landsat 8.

Finalmente, se utilizó también un modelo digital de elevación del Advanced Lands Observation Satellite (ALOS PALSAR), satélite japonés de la JAXA y que posee una resolución de 12,5 metros. Todos estos productos fueron procesados aplicándoles correcciones radiométricas (DN a radiancia) y geométricas (Chuvieco, 2010) tomando puntos de control basados en cartografías de la Municipalidad de Coronel.

Además, se trabajó con un set de fotografías aéreas digitales del sector de Calabozo, propiedad de la Municipalidad de Coronel, para los años 2006, 2010, 2012, 2014 y 2017. Si bien estas fotografías no se encontraban

ortorrectificadas ni georreferenciadas al momento de su uso, su resolución temporal permitió realizar análisis visual para referencia, comparación y detección de posibles cambios de cobertura que se pudiesen encontrar en el lugar, no observables por teledetección. Para los efectos de delimitar la zona de humedales del sector Calabozo dada su intención de convertirlo en Área Verde Interurbana (AVI), se procedió al cálculo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés) y el Índice de Agua de Diferencia Normalizada Modificado (MNDWI, por sus siglas en inglés).

Existen diversas metodologías para estudiar mediante imágenes satelitales la vegetación, siendo uno de ellos la aplicación de índices vegetativos relacionados con el verdor (Chuvieco, 1998, como se citó en Meneses-Tobar, 2011; Toker *et al.*, 2001). El NDVI fue introducido con el objetivo de separar la vegetación del brillo que produce el suelo (Rouse *et al.*, 1974). Con este índice se busca determinar la vigorosidad de la planta. Utilizando radiancias o reflectancias de un canal rojo de alrededor de 0,66  $\mu\text{m}$  y un canal cercano a IR de alrededor de 0,86  $\mu\text{m}$  (bandas 4 y 5 para Landsat 8, respectivamente y bandas 4 y 8 para Sentinel 2A, respectivamente). Los dos canales detectan profundidades muy diferentes a través de los doseles de vegetación (Gao, 1996). Los valores por encima de 0.1 indican presencia de vegetación, y cuanto más alto sea el valor de este índice, las condiciones de vigor serán mejores (Muñoz, 2013; Díaz, 2015). Por otra parte, en estudios anteriores de sensores remotos térmicos, se ha puesto mucho énfasis en utilizar el NDVI como el principal indicador del clima urbano (Yuan y Bauer, 2007) ya que la actividad humana (urbanización y prácticas agrícolas) desempeñan un papel importante en la influencia de las tendencias del NDVI en algunas regiones; la urbanización provoca la disminución de cobertura vegetal por su proceso de expansión, mientras que la irrigación y la fertilización pueden contribuir al aumento de estas coberturas verdes (Piao *et al.*, 2003).

La ecuación para el NDVI en Landsat 8 es la siguiente:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR-Rojo}) / (\text{NIR} + \text{Rojo}), \text{ siendo NIR} = \text{banda 5 (30 m)} \text{ y Rojo} = 4 \text{ (30 m)}$$

La ecuación para el NDVI en Sentinel 2A es la siguiente:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR-Rojo}) / (\text{NIR} + \text{Rojo}), \text{ siendo NIR} = \text{banda 8 (10 m)} \text{ y Rojo} = \text{banda 4 (10 m)}$$

Se presenta en la Figura 2 el NDVI para imagen Landsat 8 con fecha 2017, mediados de verano:



**Figura 2.** NDVI Landsat 8 y situación de zonificación propuestas por el PRMC. Sector Calabozo.

Fuente: elaboración propia.

El método del índice de agua de diferencia normalizada o NDWI (McFeeters, 1996, como se citó en Wang *et al.*, 2013), es eficaz para extraer información sobre el agua, pero con el problema de que una parte de la información se relaciona con valores de elementos antrópicos (como edificios y caminos) mezclándose con los de cuerpos de agua extraída de la ciudad, provocando errores de comisión, aunque en la detección de vegetales acuáticos continúa siendo un buen indicador (Gao, 1996). Ante esto, Xu introdujo el método del índice de agua con diferencia normalizada modificado o MNDWI (Xu, 2005, como se citó en Wang *et al.*, 2013; Singh *et al.*, 2015) que podría disminuir la confusión entre el agua y la construcción, pero difícil distinguiendo entre la sombra de la montaña y el cuerpo de agua (Wang *et al.*, 2013). El valor de MNDWI también varía de  $-1$  a  $+1$ . La mayor reflectancia de la acumulación y la menor reflexión del agua en la banda SWIR da como resultado valores negativos de la acumulación y valores positivos de las características del agua en la imagen derivada de MNDWI (Singh *et al.*, 2015; Gautam *et al.*, 2015). Debido a la situación que se presenta en función del PRMC, este índice representa una pieza importante de visualizar dadas las características hídricas del sector Calabozo ya que la extracción de cuerpos de agua, o el relleno de su territorio fluvial (García, 2015), es una parte importante de la gestión de los recursos hídricos y ha sido el tema de varios trabajos de investigación relacionados con la teledetección durante más de dos décadas (Kaplan y Avdan, 2017). Por otra parte, está claro que el contenido de agua en el suelo es un parámetro inicial importante para los modelos regionales de

disponibilidad hídrica, ya que la predicción correcta de sus flujos y posterior gestión, depende fundamentalmente del conocimiento de este parámetro de superficie terrestre. Sin embargo, también es evidente que el contenido de agua en la superficie del suelo presenta una gran falta de homogeneidad que merece una especificación espacial y temporal (Gillies *et al.*, 1997) siendo entonces el MNDWI un buen indicador para observar esta variabilidad en el sector. Cabe destacar también que, en trabajos previos, la relación NDVI / temperatura también se ha utilizado para derivar o evaluar dos variables: cobertura de vegetación fraccionada y contenido de agua en la superficie del suelo para el modelado climático (Van de Griend y Owe, 1993; Carlson *et al.*, 1995; Gillies y Carlson, 1995; Gillies *et al.*, 1997; Goward *et al.*, 2002 como se citó en Yuan y Bauer, 2007). En efecto, ambos índices, NDVI y MNDWI, fueron utilizados para un correcto conocimiento y mejor aproximación a la comprensión de las dinámicas hídricas y vegetacionales del sector Calabozo y reconocer su importancia para la comuna.

La ecuación para el MNDWI en Landsat 8 es la siguiente:

$MNDWI = (Verde - SWIR) / (Verde + SWIR)$ , siendo Verde = banda 3 (30 m) y SWIR = banda 6 (30 m)

La ecuación para el MNDWI en Sentinel 2A es la siguiente:

$MNDWI = (Verde - RED) / (Verde + RED)$ , siendo Verde = banda 11 (20 m) y SWIR = banda 3 (10 m)

Para la banda 11 de Sentinel (20 m), se le aplicó el método de *resampling* mediante interpolación bilineal. El peso asociado a cada nivel digital es proporcional a la proximidad entre ellos, medida entre centros de celdas (Chuvieco, 2010). Así, los valores de los píxeles de la banda 11 pasaron de 20 metros a 10 metros, optimizando el cálculo del MNDWI con la banda 3 de 10 metros del mismo satélite.

## Resultados

De los valores NDSI de Landsat 8 se aprecia que, para el mes de enero, el menor valor detectado corresponde a -0,127 que representaría suelos desnudos, con un valor máximo de 0,592 que va a representar la máxima vigorosidad. Esto indica que, para esa fecha, la vegetación se mantiene mayormente de buena calidad destacándose los valores mayores a cero. En efecto, puede inferirse que el reservorio de agua almacenado de lluvias posteriores a la fecha, influyen en la mantención de las condiciones físico-naturales que incidirán directamente en la vegetación y la formación de humedales (Correa-Araneda *et al.*, 2011).

De los valores NDSI de Sentinel se aprecia que el menor valor detectado corresponde a -0,998 y el máximo valor corresponde a 0,998. Aquí debe destacarse que el mínimo valor, casi -1, indica la formación de cuerpos de agua en diferentes sectores de la planicie litoral. Por otra parte, siendo los valores mayores a 0, señalan una muy buena calidad de la vegetación o alta vigorosidad, con valores casi 1. Para evitar errores de comisión, se generó una máscara sobre vías de tránsito vehicular localizados en el sector este del centro urbano de Coronel.

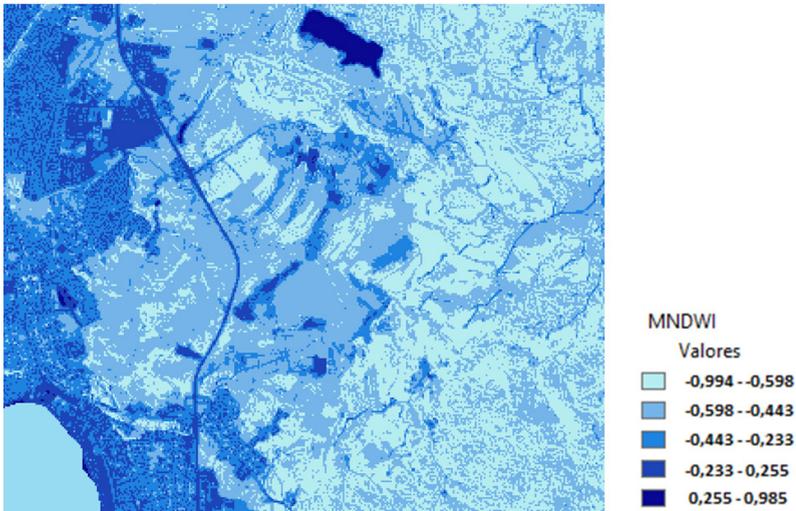
De esto puede inferirse que, durante el periodo de verano, cuando las precipitaciones tienden a la disminución, la vegetación para el sector de Calabozo se mantienen con una buena vigorosidad gracias a las reservas de los aportes hídricos de las cuencas aledañas, permitiendo una constante hidratación de estas y, en efecto, siendo compatible con proyecciones de área verde en la escala intercomunal en cuanto a la presencia de dicha cobertura. Valores entre 0 y -1 indican poca vegetación debido a intervenciones en distintos niveles de antropización, como caminos y rellenos, a los que este sector puede verse influenciado (Peña-Cortés *et al.*, 2006) pero así también formación de cuerpos de agua y vegetación hidrófila, elementos propios de los humedales (Figuroa *et al.*, 2009; Correa-Araneda *et al.*, 2011). Se puede entender entonces la importancia de conservar los atributos naturales de este sector, dado los servicios ecosistémicos que ofrece (Peña-Cortés *et al.*, 2006; García, 2015), aunque principalmente por su condición de reservorio y controlador hidrológico de los aportes pluviales provenientes de las cuencas aledañas. De los valores del MNDWI, se estimó oportuno trabajar con las imágenes Sentinel, puesto que este satélite permite con mayor exactitud la visualización de los cuerpos de agua dada la buena resolución radiométrica que ofrece.

En consecuencia, áreas más oscuras (Figura 3) indicarán presencia de cuerpos de agua en donde se alcanza un valor mínimo de 0.25 y valor máximo de 0.98. Áreas más claras, representarán suelos desnudos, rellenos o vegetación. Es importante señalar lo fundamental en la verificación de los resultados con campañas en terreno y comparaciones con el set fotográfico, debido a distorsiones que provocan los sitios urbanos al reflejar una longitud de onda similar a las de cuerpo de agua, como por ejemplo, un alarga línea azul correspondiente a la vía vehicular ByPass (sector este de la zona urbana) que atraviesa de norte a sur la comuna y que fue corregido mediante una máscara para evitar comisión de dichos píxeles.

Para complementar y validar la información descrita anteriormente en cuanto a distribución de cuerpos de agua superficiales en los planos bajos del área analizada mediante el MNDWI, se generaron las redes hídricas que fluyen en este sector mediante el uso del módulo Hydrology de ArcGIS utilizando para

ello la imagen ALOS PALSAR y así observar el grado de conexión entre las zonas con presencia de agua y las redes generadas.

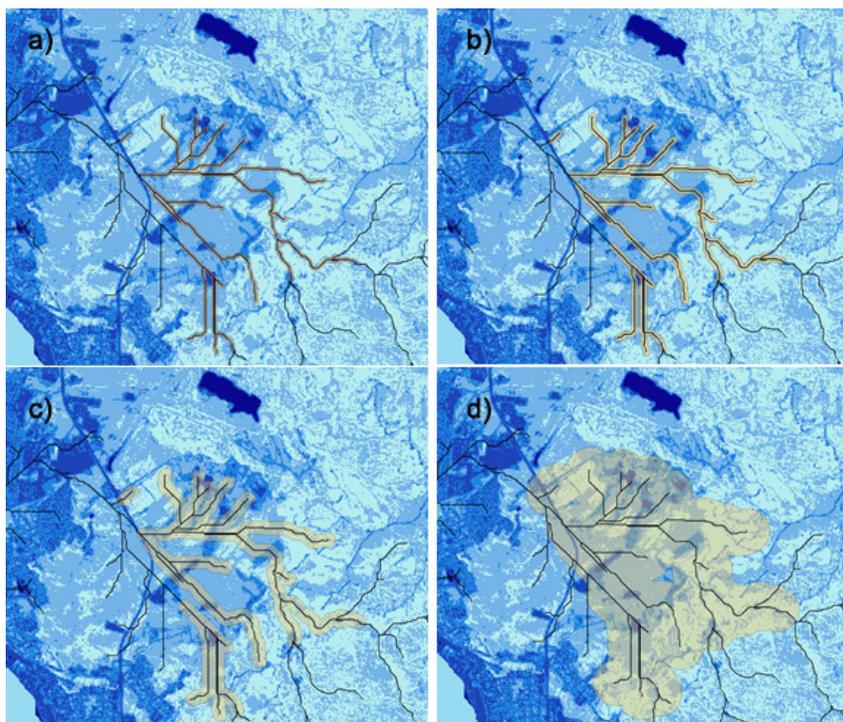
En síntesis, se observa que los cuerpos de agua tienen bastante relación en cuanto a cómo se enlazan a las redes fluviales calculadas, lo cual señala que la alimentación hídrica del sector es mucho más compleja que la delimitación planteada en el Proyecto de PRMC a través de la Zona ZPEI. Resulta necesario entonces ampliar esta zonificación a una superficie mayor, para los efectos de proyección bajo alguna normativa compatible, como lo es la figura de Área Verde Intercomunal.



**Figura 3.** MNDWI para el sector de Calabozo.  
Fuente: elaboración propia.

Es por ello que una zonificación adecuada para la zona plana de Calabozo deberá responder a la complejidad hídrica que presenta la zona, considerando el área de influencia de saturación hídrica superficial, su extensión y las variabilidades que el humedal posee como sistema. En efecto, los criterios de zonificación se basaron en dos características fundamentales de estos sistemas: a) hidro-período (Flores-Verdugo *et al.*, 2007) que equivale a las temporadas de circulación de caudales y b) suelo hídrico (Hernández, 2010; Cubero Fernández, 2017) que es la capacidad de retención y niveles de agua de saturación en el suelo. Esto influye principalmente en cómo los diferentes canales, sectores húmedos o saturados, con la consiguiente vegetación que precede a estas condiciones, van variando espacialmente en el tiempo, por

cuanto una zonificación única pareciese errada e insuficiente. Por lo anterior, se analizan distintas zonas buffer tentativas (30 m, 50 m, 100 m y 350 m) en base a las redes fluviales que se conectan con los cuerpos de agua, para así darle un mejor ajuste a las proyecciones en el sector (Figura 4).



**Figura 4.** Zonas buffers en redes fluviales: a) Buffer 30 metros; b) Buffer 50 metros; c) Buffer 100 metros; d) Buffers 350 metros. Sector Calabozo.

Fuente: elaboración propia.

En definitiva, observando las áreas de influencia, los buffers de 30 m, 50 m y 100 m parecen ser insuficientes en su extensión (la zonificación del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, MINVU, reduce el humedal a sólo dos canales con buffers de 50 m). De acuerdo a este análisis, la zonificación de 350 m parece ser la más óptima para adecuarse a las variabilidades de hidro-período y suelo hídrico, permitiendo así la conservación de las funciones hídricas y vegetacionales del humedal, compatible con las características físico-naturales de su territorio fluvial (García, 2015).

Es así entonces como se logran identificar ciertos patrones espaciales en función de la información proporcionada por cada índice; esto es, sectores

con tendencia a la saturación de agua debido a la influencia de los afluentes cercanos y al consiguiente afloramiento de los niveles freáticos por saturación de suelo. La humedad, por tanto, influye en el crecimiento y vigorosidad de la vegetación inclusive en temporadas secas, cuyas reservas permitirán la contribución constante de aportes de agua, lo que se expresa en todos los efectos naturales propios de un humedal.

En función de las zonificaciones mostradas anteriormente, se ha realizado una superposición de estas coberturas generadas para así lograr generar un polígono que adjunte en mayor medida los valores recopilados.

Finalmente, para los efectos de determinar la mancha más representativa para el humedal de Calabozo en términos de una zonificación urbana, se consideró variables de topografía, patrones de acumulación de agua, vegetación, así como futuros proyectos viales proyectados (Ruta Pie de Monte) y la existencia de humedales al interior del límite urbano establecido por el Plan Regulador Comunal de Coronel vigente, determinando de esa forma el polígono óptimo para zonificar el Humedal Calabozo a esta escala de planificación (1:100.000) como Área Verde Intercomunal, conforme a lo estipulado en el artículo 2.1.31. de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

Para complementar la propuesta de Zona de Área Verde Intercomunal (AVI) para el Humedal Calabozo y tomando como base la consideración obligada de los cauces aportantes de dicho ecosistema (García, 2015), se ha considerado pertinente elaborar una propuesta de zonificación que estableciera mayores niveles de restricción a dichos afluentes (Zonas AVI y ZPEI) para así lograr mantener en óptimas condiciones el sistema natural analizado. De esta manera, trabajando con las redes fluviales antes generadas, se realizó una jerarquización basada en el método de Stralher el cual señala el orden de corrientes considerando los aportes que se circunscriben a un cauce principal.

La justificación de este procedimiento reside en que, en virtud de detectar zonas con capacidad de urbanización, es necesario definir y conservar canales fluviales que sean capaces de evacuar todas las aguas que provengan de afluentes cercanos para así, en episodios de lluvia intensas, existan mecanismos que eviten riesgos naturales asociados a licuefacción, desprendimientos de ladera por saturación en pendiente, entre otros (García, 2016). Por otra parte, el objetivo de proteger dichos cauces permitirá que el humedal conserve sus características naturales debido al aprovisionamiento constante y buena calidad de aguas de sectores más elevados.

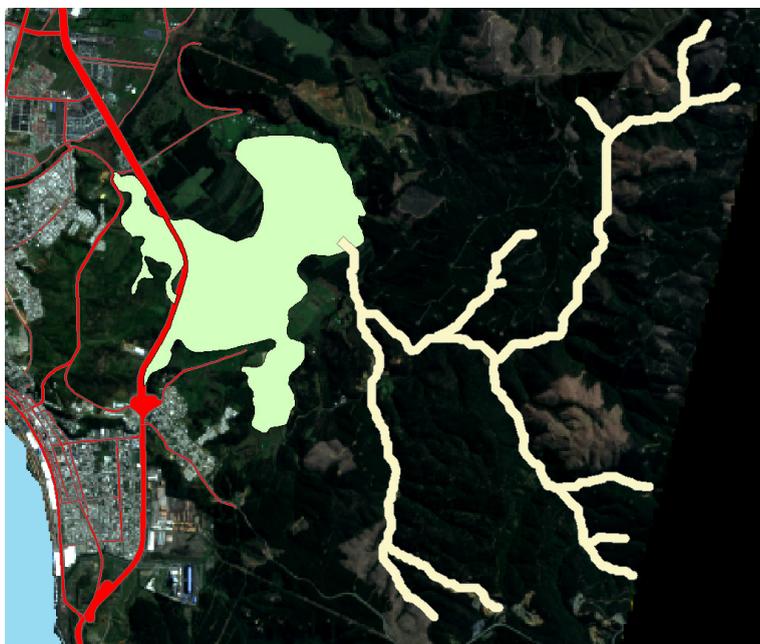
De este modo, siguiendo los criterios de zonas AVI y ZPEI propuestos por MINVU en proyecto de Modificación del PRMC para otras zonas de la intercomuna, se generaron similares identidades considerando buffer de 100

metros (ZPEI), en donde para el orden de Stralher queda representado en la Figura 5.

De esta forma, se define para esta zona ZPEI de la Cuenca N° 7 (Plan Maestro de Drenaje y Evacuación de Aguas Lluvias de Lota y Coronel, MOP) una propuesta de Áreas Verdes Intercomunal ajustada a condiciones topográficas con el cumplimiento mínimo de protección.

El detalle de la Zonificación propuesta corresponde a AVI humedal Calabozo: 3,45 km<sup>2</sup>, AVI Calabozo orden de Stralher: 5,08 km<sup>2</sup> y ZPEI Calabozo orden de Stralher: 2,41 km<sup>2</sup>.

Por consiguiente, se realizó la superposición de la propuesta de Zonificación MINVU de las zonas ZEU-4 y ZPEI del Proyecto de Modificación PRMC sobre una composición en color verdadero Sentinel, constatando la incompatibilidad de la propuesta ofrecida por el MINVU con las características ofrecidas en el trabajo.



**Figura 5.** Zona ZPEI propuesta. Polígonos de color rojo indican vialidad vehicular de la comuna.  
Fuente: elaboración propia.

Continuando el ejercicio, se adjuntó una de las zonas ZPEI del PRMC localizadas en el plano bajo, debido a que conecta funcionalmente los cauces provenientes del macizo cordillerano con el resto del sistema hídrico comunal.

En tanto, la segunda zona, localizada más al sur, se ha descartado del análisis debido a que responde principalmente a una morfología antropizada (canales de regadío) y, en otro tanto, es absorbida por la zona AVI propuesta para el área del Humedal.

Para efectos prácticos, se realizó la unión de este ZPEI (MINVU) con el ZPEI generado en base al orden de Stralher, resultando un polígono único ZPEI para este sector. Por lo tanto, la zonificación final propuesta para el sector de Calabozo, tanto en la Planicie Litoral como en el macizo cordillerano es lo que presenta la Figura 6.



**Figura 6.** Propuesta de Zonas ZPEI y AVI.

Fuente: elaboración propia.

## Conclusiones

Los humedales son sistemas complejos de una alta fragilidad ambiental, los cuales requieren de una protección normativa para su preservación ecológica. Actualmente existen diversas metodologías que buscan establecer los límites de un humedal. En esta investigación mediante un caso práctico se ejecuta una metodología basada en técnicas de teledetección con imágenes satelitales de distribución gratuita, para el análisis de aspectos hídricos y

morfológicos con el fin de establecer una zonificación y sus respectivos usos de suelo para la protección del humedal calabozo. Los resultados muestran un claro dominio entre la cobertura vegetal y cuerpos de agua en las áreas de estudio. Posteriormente, dicha información fue tratada para verificar zonas que cumplieran con la categoría de AVI dadas sus características naturales. Lo trascendental es que esta u otras metodologías se apliquen al proceso de planificación urbana y sean parte fundamental de los criterios que rigen la zonificación de nuestro territorio, sobre todo de las zonas urbanas. Los resultados obtenidos permiten incorporar criterios ambientales al proceso de zonificación territorial, criterios que son la base para determinar los usos de suelo permitidos en estos ecosistemas de alta fragilidad ambiental. Para el caso del humedal se lograron definir zonas de protección, esencialmente las zonas de escorrentía hídrica superficial y zonas de amortiguamiento en donde se permitirían los usos destinados a parques, áreas verdes y equipamiento asociado a estas.

## Bibliografía

- Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (2017). *Landsat Media Resource*. [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/landsat/news/index.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/landsat/news/index.html)
- Agencia Espacial Europea (2017). *Sentinel 2*. [https://www.esa.int/es/ESA\\_in\\_your\\_country/Spain/SENTINEL2](https://www.esa.int/es/ESA_in_your_country/Spain/SENTINEL2)
- Barton, J. R. (2006). Sustentabilidad urbana como planificación estratégica. *EURE*, 32 (96), 27-45. <https://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612006000200003>.
- Carlson, T. N., Capehart, W. J. and Gillies, R. R. (1995). A new look at the simplified method for remote sensing of daily evapotranspiration. *Remote sensing of Environment*, 54(2), 161-167.
- Chuvieco, E. (1998). El factor temporal en teledetección: evolución fenomenológica y análisis de cambios. *Revista de Teledetección*, (10), 1-9.
- Chuvieco, E. (2010). Teledetección Ambiental. *La Observación de la Tierra desde el espacio*. Ariel Ciencia.
- Correa-Araneda, F., Urrutia, J. y Figueroa, R. (2011). Estado del conocimiento y principales amenazas de los humedales boscosos de agua dulce de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 84 (3), 325-340.
- Cubero Fernández, D. (2017). *Guía práctica para la caracterización y delimitación de suelos hidromórficos asociados a los ecosistemas de humedal*. Sistema Nacional de Conservación (SINAC), Costa Rica.
- Díaz García-Cervigón, J. J. (2015). *Estudio de índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión*. [Máster en Tecnologías de la Información Geográfica, Universidad Complutense de Madrid]. [https://eprints.ucm.es/31423/1/TFM\\_Juan\\_Diaz\\_Cervignon.pdf](https://eprints.ucm.es/31423/1/TFM_Juan_Diaz_Cervignon.pdf)

- Figueroa, R., Suárez, M., Andreu, A., Ruiz, V. H. y Vidal-Abarca, M. R. (2009). Caracterización ecológica de humedales de la zona semiárida en Chile Central. *Gayana* (Concepción), 1 (73), 76-94.
- Flores-Verdugo, F., Moreno-Casasola, P., Agraz-Hernández, C., López-Rosas, H., Benítez-Pardo, D. y Travieso-Bello, A. (2007). La topografía y el hidroperíodo: dos factores que condicionan la restauración de los humedales costeros. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (80), 33-47.
- Gao, B. (1996). NDWI-A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, 3 (3), 257-266.
- García, J. H. (2015). Reflexiones y enfoques en la conservación y restauración de ríos: georestauración y pensamiento fluvial. Biblio 3W. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*. XX, (1), 142.
- García, J. H. (2016). Riesgos naturales y Territorio. *Una perspectiva didáctica desde la Geografía*, Universidad de Concepción.
- Gautam, V. K., Kumar G. P., Murugan, P. y Annadurai, M. (2015). Assessment of Surface Water Dynamics in Bangalore Using WRI, NDWI, MNDWI, Supervised Classification and K-T Transformation. *Aquatic Procedia*, 4, 739-746.
- Gillies, R. R., Kustas, W. P. y Humes, K. S. (1997). A verification of the 'triangle' method for obtaining surface soil water content and energy fluxes from remote measurements of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and surface radiant temperature. *International Journal of Remote Sensing*, 18 (15), 3145-3166.
- Hernández, M. E. (2010). Suelos de humedales como sumideros de carbono y fuentes de metano. *Terra Latinoam*, 28 (2), 139-147.
- INE (2018). *Síntesis de resultados, Censo 2017*. Instituto Nacional de Estadísticas - Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción.
- Jaque Castillo, E. C., Lara San Martín, A. y Merino González, C. (2017). Fortaleciendo el uso de los instrumentos de planificación urbana, para la gestión de riesgos. Ciudad de Coronel, Región del Biobío. *Revista INVI*, 32 (90), 107-124. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-83582017000200107>
- Kaplan, G., Avdan, U. (2017). Object-based water body extraction model using Sentinel-2 satellite imagery. *European Journal of Remote Sensing*, 50, 137-143.
- McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of the open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17, 1425-1432.
- Meneses-Tobar, C. (2011). *El índice normalizado diferencial de la vegetación. Medir la Degradación del Bosque*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación: Roma.
- Muñoz Aguayo, P. (2013). *Apuntes de Teledetección: índices de vegetación*. Centro de Información de Recursos Naturales. <http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/26389/Tema%20Indices%20de%20vegetaci%C3%B3n%2C%20Pedro%20Mu%C3%B1oz%20A.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Peña-Cortés, F., Gutiérrez, P., Rebolledo, G., Escalao, M., Hauenstein, E., Bertrán, C., Schlatter, R. y Tapia, J. (2006). Determinación del nivel de antropización de humedales como criterio para la planificación ecológica de la cuenca del lago Budi, IX Región de La Araucanía. *Revista de Geografía Norte Grande*, (36), 75-91.
- Piao, Shilong, Jingyun Fang, Liming Zhou, Qinghua Guo, M. Henderson, Wei Ji, Yan Li and Shu Tao (2003). Interannual variations of monthly and seasonal normalized difference vegetation index (NDVI) in China from 1982 to 1999. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 108, Res., 108 (D14), 4401.
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Deering, D. W. and Sehell, J. A., (1974). Monitoring the vernal advancement and retrogradation (Green wave effect) of natural vegetation. *Final Rep. RSC 1978-4, Remote Sensing Center. Texas A. & M Univ.: College Station*.
- Singh, V. K., Setia, R., Sahoo, S., Prasad, A. and Pateriya, B. (2015). Evaluation of NDWI and MNDWI for assessment of waterlogging by integrating digital elevation model and groundwater level. *Geocarto International*, Vol. 30, No. 6, p. 650–661.
- Sobrino, J. A., Raissouni. N., Kerr, Y., Oliso, A., López-García, M. J., Belaid, A., El Kharraz, M. H., Cuenca, J. y Dempere, L. (2000). En Sobrino, J. A. (Ed.), *Teledetección*, Servicio de Publicaciones: Universidad de Valencia (ISBN 84-370-4220-8).
- Tuker, C., Slayback, D., Pinzon, J., Los, S., Myneni, R. and Taylor, M. (2001). Higher northern latitude normalized difference vegetation index and growing season trends from 1982 to 1999. *International Journal of Biometeorology*, 45, (4), 184-190.
- USGS (2017). <https://www.usgs.gov/>
- Van de Griend, A. A. and Owe, M. (1993). On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces. *International Journal of Remote Sensing*, 4 (6), 1119-1131.
- Wang, Y., Huang, F. and Wei, Y. (2013). Water body extraction from LANDSAT ETM+ image using MNDWI and K-T transformation. *21st International Conference on Geoinformatics*, Kaifeng, pp. 1-5.
- Xu, H. (2005). A Study on Information Extraction of Water Body with the Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI). *Journal of Remoting Sensing*. [http://en.cnki.com.cn/Article\\_en/CJFDTOTAL-YGXB200505011.htm](http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-YGXB200505011.htm)
- Yuan, F. and Bauer, M. (2007). Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 106 (3), 375-386.





# Estrategias para la planificación de un territorio rururbano sustentable bajo el enfoque de inteligencia territorial caso vereda Bosatama Soacha Cundinamarca, Colombia

## Strategies for the planning of a sustainable rural territory under the approach of territorial intelligence case of vereda Bosatama Soacha Cundinamarca, Colombia

Angela María Bernal Sánchez<sup>1</sup>  
Yolanda Teresa Hernández Peña<sup>2</sup>

*Fecha de recibido: 24 de enero de 2022*

*Fecha de aceptado: 27 de mayo de 2022*

### Resumen

La expansión urbana ha generado una transformación sin precedentes en el uso de los suelos, causando un impacto en la biosfera global con consecuencias ambientales, sociales y económicas, que es impulsado principalmente por un patrón de crecimiento físico tentacular expansivo poco regulado, asociado a procesos como la conurbación, la cual causa movimientos desconcentrados de personas y actividades económicas desde las grandes ciudades a las áreas rurales, generando procesos de rururbanización, que en el caso de la vereda Bosatama ha originado presiones y transformaciones en la ordenación del

<sup>1</sup> Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia, correo electrónico: [ambernals@correo.udistrital.edu.co](mailto:ambernals@correo.udistrital.edu.co). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2706-048X>

<sup>2</sup> Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia, correo electrónico: [ythernandezp@udistrital.edu.co](mailto:ythernandezp@udistrital.edu.co). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2846-7273>

territorio como resultado de los cambios en el uso del suelo y el aumento de urbanización reflejado en el megaproyecto de vivienda Ciudad Verde.

Conforme a lo expuesto, la investigación inicialmente estableció las tendencias mundiales de expansión urbana a partir de un sistema de búsqueda y análisis bibliográfico, con el propósito de definir los factores que influyen en la dinámica de conformación de la vereda, que junto con la aplicación del método Stlocus desde el enfoque de inteligencia territorial y la percepción de los actores claves permitió analizar las características y problemáticas de la vereda, que fueron evaluadas mediante una matriz Vester donde las problemáticas más críticas son el cambio del uso del suelo, la expansión urbana de la dimensión ambiental, el cambio de las actividades tradicionales y cotidianas de la dimensión social, debilitamiento de las actividades agropecuarias de la dimensión económica y falta de aprobación e implementación de un nuevo plan de ordenamiento territorial de la dimensión político institucional, las cuales fueron retomadas en el planteamiento de nueve estrategias para la planificación del territorio rururbano sustentable que articuladas desde un lineamiento de política de ruralidad, pueden contribuir en la resolución de las problemáticas presentes en la vereda.

*Palabras claves: rururbanización, inteligencia territorial, planificación sustentable.*

## **Abstract**

Urban expansion has generated an unprecedented transformation in land use, causing an impact on the global biosphere with environmental, social and economic consequences, which is mainly driven by a poorly regulated expansive tentacular physical growth pattern, which is associated with processes such as the conurbation, which causes deconcentrated movements of people and economic activities from large cities to rural areas, generating rururbanization processes, which in the case of the Bosatama village has caused pressures and transformations in the planning of the territory as a result of the changes in land use and the increase in urbanization reflected in the Ciudad Verde housing megaproject.

In accordance with the foregoing, the research initially established the global trends of urban expansion from a bibliographic search and analysis system, with the purpose of defining the factors that influence the dynamics of the shaping of the path, which together with the application of the Stlocus method from the territorial intelligence approach and the perception of the key actors allowed to analyze the characteristics and problems of the village, which were evaluated using a Vester matrix where the most critical problems are the change in land use, the urban expansion of the dimension environmental, the change of traditional and daily activities of the social dimension, weakening of agricultural activities of the economic dimension and

lack of approval and implementation of a new land use plan of the institutional political dimension, which were taken up in the approach of nine strategies for planning sustainable rururban territory that, articulated from a rurality policy guideline, can contribute to the resolution of the problems present in the village.

*Key words: rururbanization, territorial intelligence, sustainable planning.*

## Introducción

El espacio geográfico es producto en su dinámica de una serie de fuerzas que lo transforman con efectos diferenciales en el tiempo. La urbanización se constituye en un factor transformador del paisaje dado su carácter multidimensional socio-cultural, político y económico. Es así como, la tendencia actual de los fenómenos urbanos en el mundo presentan características propias del modelo de ciudad difusa, que se puede entender como una manifestación de expansión en el espacio la cual, consiste en la instauración de usos y funciones (universidad, residencia, industria, comercio) en el territorio de un modo disperso (Rueda, 2003), reflejada en el crecimiento urbano espontáneo, sin un orden aparente con carencias en cuanto a límites, baja densidad, discontinuidad y con sectores diferenciados en su interior (Cardoso y Frischy, 2012).

Dicha expansión ha afectado otros espacios como las áreas situadas alrededor de las ciudades, que son susceptibles a su influencia directa y de ser significativamente tocadas por los procesos en desarrollo por esta proximidad (Ávila, 2005), siendo así el periurbano un área de transformación entre el campo y la ciudad con preponderancia de lo urbano y el rururbano donde predomina la presencia de viviendas unifamiliares, dispersas, aisladas y que cohabitan con la persistencia de áreas agrícolas, forestales o naturales (Cardoso y Frischy, 2012). Estas áreas que constituyen la transición (interfase), entre los espacios urbanos y rurales, han venido experimentando impactos, presiones y grandes transformaciones en su ordenación, causando un acelerado aumento de la población en sus territorios, lo que ha gestado efectos negativos en la relación sociedad-naturaleza, afectando la biodiversidad de los diferentes ecosistemas, como resultado del crecimiento desorganizado en estos espacios de la periferia, dando paso al proceso de rururbanización. El objetivo de este artículo es evidenciar las implicaciones en el espacio geográfico del proceso de urbanización y como ello ha configurado una nueva estructura y dinámica espacial.

De manera análoga, el municipio de Soacha no ha sido ajeno al modelo de ciudad difusa y al proceso de conurbación, producto de su cercanía con la

ciudad de Bogotá, lo cual, ha incidido en los últimos años en la integración entre la ciudad y el municipio, propiciado principalmente por un menor precio en el suelo para la urbanización y la migración de la población desde las diferentes ciudades de Colombia en busca de mejores oportunidades, generando esto una fuerte presión en el uso del suelo debido al crecimiento poblacional, lo que llevó a un aumento del uso del suelo urbano para vivienda, toda vez que “alrededor del 85% del suelo urbano se destina a vivienda y usos mixtos, mientras el 10% a industria, con una leve disminución en los últimos años y el 5% a otras actividades productivas” (Cámara de Comercio de Bogotá, 2010, p. 28). Razón por la cual, debido al aumento en la demanda para la construcción de vivienda en el municipio se produjo la expansión urbana en suelos rurales causando el proceso de rururbanización en las áreas ubicadas alrededor de los límites con la ciudad de Bogotá y la cabecera municipal de Soacha como es el caso de la vereda Bosatama.

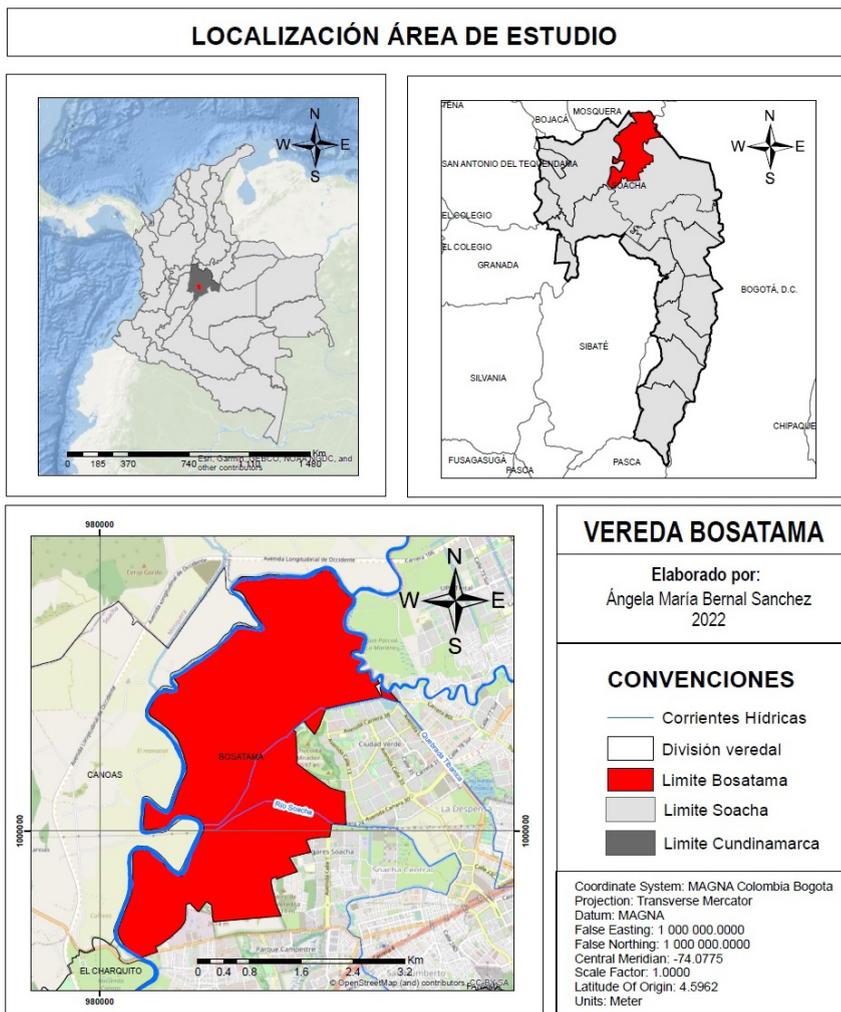
Conforme a lo expuesto, y con el fin de identificar las diferentes problemáticas económicas, sociales y ambientales, ocasionadas producto de la interacción entre lo rural y lo urbano, se realizó un análisis del proceso de rururbanización en la vereda, teniendo como marco de referencia el enfoque de inteligencia territorial a través del método Stlocus, que junto a la aplicación de entrevistas a una muestra no probabilística permitió abordar a un subgrupo poblacional que vinculó diferentes actores claves, los cuales, fueron seleccionados intencionalmente por su conocimiento en relación con la transformación del territorio y de acuerdo con su rol en el mismo (comunidad, líderes, pequeños productores y funcionarios del Estado) acercándose a la analogía de la mesa de cuatro patas, con lo cual, se obtuvo la información específica desde, el sentir, pensar, las identidades y las necesidades de estos (Bozzano y Canevari, 2020), en relación con las problemáticas causadas por el fenómeno de rururbanización en la vereda y sus aportes para la construcción de estrategias en la planificación del territorio rururbano sustentable.

Por último, es preciso indicar que la investigación se desarrolló en el marco de la pandemia generada por el virus Covid-19, lo cual, limitó la aplicación del método; en relación al trabajo en una mesa comunitaria para la co-construcción de los mapas de territorialidades, vocaciones y lugares, debido a las cuarentenas, sin embargo, desde la aplicación de las entrevistas a los actores claves y el trabajo en campo fue posible definir los patrones de ocupación y apropiación territorial, para su posterior sistematización.

## **Descripción del área de estudio**

Soacha es un municipio perteneciente al departamento de Cundinamarca, el cual hace parte de la región llamada Sabana de Bogotá y parte de la cuenca alta del río Bogotá, a su vez, Soacha colinda con los municipios de San Antonio

de Tequendama y Granada por el oeste, con Sibaté y Pasca por el sur, con Mosquera y Boyacá al norte, y con Bogotá al este, el municipio cuenta con 14 veredas. Dentro de las 14 veredas se encuentra la de Bosatama que tiene una influencia del río Bogotá y la subcuenca del río Soacha; conformada por las quebradas Honda, Dos Quebradas, Las Mirlas, Duraznillos, Canastos, Uña De Gato, Hato Viejo, Sabaneta y Cambray, en la vereda Bosatama desemboca las subcuencas del río Soacha y Tunjuelo en el río Bogotá.



**Figura 1.** Localización área de estudio.  
Fuente: elaboración propia, 2022

Bosatama hace parte del segundo corregimiento del municipio de Soacha y se localiza a los 4° 37' de latitud norte y 74° 13' de longitud al oeste del Meridiano de Greenwich, limita con Mosquera al norte, con la comuna tres (la despensa) de Soacha al sur, con el casco urbano de la ciudad de Bogotá, D.C. al oriente y con las veredas Canoas y Charquitos al occidente. La vereda es considerada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) de alto valor agrológico, dentro de los cultivos se encuentra: acelga, cilantro, apio, lechuga, ajo y coliflor, su producción va dirigida principalmente a Corabastos convirtiéndose en una despensa importante de hortalizas para Bogotá, D.C. (Rincón y Vásquez, 2016).

## **Materiales y métodos**

Con el propósito de establecer las estrategias de planificación para el territorio rururbano sustentable, la investigación se realizó en el marco del enfoque de inteligencia territorial que a su vez se constituye en una vía para convergencia interdisciplinar, donde la geografía juega un papel de importancia dada su potencialidad de combinar análisis físicos con análisis socioeconómicos y culturales a partir de las espacialidades que subyacen a las dinámicas territoriales. La Inteligencia territorial se fundamenta en la colaboración de los actores territoriales y el investigador, orientados en una dinámica de investigación-acción que generen aportes a las problemáticas actuales del territorio para un mejor desarrollo. Para lo cual, inicialmente se caracterizó la vereda para analizar la dinámica actual del territorio en sus múltiples dimensiones político institucional, social, económica, ambiental y físico espacial. Posterior a la caracterización de la vereda, se realizó una revisión sistemática a nivel mundial en el periodo 2010-2020 de los factores que inciden en la expansión urbana, con el fin de establecer las relaciones interdimensionales entre las tendencias mundiales de expansión urbana y las aplicables en la dinámica de conformación de la vereda para la planificación del territorio rururbano.

Una vez agotada esta primera parte exploratoria se llevó a cabo el trabajo en campo para aplicar el método Stlocus y las entrevistas a un subgrupo poblacional de actores claves, con el propósito de identificar patrones de ocupación, apropiación territorial, las problemáticas y aportes al proceso de planificación del territorio desde sus percepciones. Lo anterior, junto con el análisis realizado con Atlas Ti y la evaluación de la matriz Vester, contribuyó al análisis del proceso de rururbanización y sus problemáticas asociadas, para finalmente, construir estrategias que contribuyan en la planificación del territorio rururbano sustentable bajo el enfoque de inteligencia territorial, a partir del estudio de caso en la vereda Bosatama del municipio de Soacha; es así que la presente investigación logró establecer

las características, las necesidades y problemáticas del territorio y posibles soluciones, a partir del método y los diferentes instrumentos.

## Resultados

### ***Análisis y evaluación de las tendencias mundiales de expansión urbana y las aplicables a la dinámica de conformación de la vereda Bosatama***

Se realizó un análisis bibliográfico de las tendencias mundiales de expansión urbana, mediante la búsqueda sistemática en las bases de datos, con el fin de abordar los estudios relacionados con la expansión urbana y la planificación sustentable que se efectuaron a nivel mundial en el periodo comprendido (2010-2020), con lo cual, se logró establecer el orden de importancia de los factores que influyen en la expansión urbana, a partir de un índice de frecuencia (Q) y el valor promedio del cuartil obtenido en cada una de las bases utilizadas, de este ejercicio se obtuvo los principales factores según el orden de importancia: i) planificación urbana (Q1= 0,988); ii) uso del suelo (Q1= 0,943) iii) crecimiento urbano (Q2= 0,772); iv) urbanización (Q2= 0,640); v) política urbana (Q2= 0,646); vi) ordenación del territorio (Q2= 0,636); vii) desarrollo económico (Q2= 0,597); viii) crecimiento de la población (Q2= 0,539); ix) transporte urbano (Q3= 0,447); x) enfoque de gobierno (Q3= 0,302), así mismo de la revisión bibliográfica, se encontró que la tendencia a nivel mundial en relación con la mayor frecuencia de citación de los factores que influyen en la expansión son: el uso del suelo (22%), la urbanización (21%), el crecimiento urbano (14%), el crecimiento poblacional (14%) y la planificación urbana (12%).

Ahora bien, para evaluar los factores mundiales de expansión urbana que influyen en la conformación de la vereda Bosatama, se hizo uso del Proceso Analítico Jerárquico AHP como herramienta evaluación, para lo cual, inicialmente se elaboró una matriz de doble entrada, y se le aplicó la escala de Saaty, respondiendo a la siguiente pregunta: ¿cuánto influye el uso del suelo en la ordenación del territorio? (así consecutivamente entre cada factor), esto, con el fin de establecer la importancia relativa para cada factor en la matriz de comparación luego, se realizó la normalización de la matriz (Tabla 1), con la cual, se obtuvo el vector de priorización, que da cuenta de la importancia de cada factor evaluado a partir de su ponderación.

De este proceso de evaluación se encontró que los factores con mayor influencia en la expansión urbana en la vereda son; el uso del suelo (18%), la urbanización (15%), el crecimiento urbano (14%), y la planificación urbana (11%). De allí que, junto con la caracterización previa del territorio, se realizó un análisis de estos principales factores y como han incidido en la dinámica de conformación del territorio:

**Tabla 1.** Factores que influyen en la expansión urbana y los aplicables en la dinámica de conformación de la vereda Bosatama

Código	Factor	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	Vector de priorización	Peso ponderado
F1	Ordenación del territorio	0,03	0,01	0,05	0,01	0,1	0,1	0,08	0,03	0,1	0,12	0,06	6%
F2	Uso del Suelo	0,3	0,09	0,05	0,04	0,1	0,1	0,8	0,15	0,1	0,12	0,11	18%
F3	Política urbana	0,03	0,09	0,05	0,04	0,1	0,1	0,08	0,05	0,1	0,04	0,07	6%
F4	Urbanización	0,3	0,27	0,35	0,13	0,1	0,1	0,08	0,05	0,1	0,2	0,16	15%
F5	Desarrollo económico	0,03	0,09	0,05	0,13	0,1	0,1	0,08	0,15	0,1	0,12	0,09	8%
F6	Crecimiento de la población	0,03	0,09	0,05	0,13	0,1	0,1	0,08	0,05	0,1	0,04	0,07	7%
F7	Transporte urbano	0,03	0,09	0,05	0,13	0,1	0,1	0,08	0,05	0,1	0,12	0,08	8%
F8	Crecimiento urbano	0,17	0,09	0,14	0,13	0,1	0,2	0,25	0,15	0,1	0,12	0,15	14%
F9	Enfoque de gobernanza	0,03	0,09	0,05	0,13	0,1	0,1	0,08	0,15	0,1	0,12	0,09	8%
F10	Planificación Urbana	0,03	0,09	0,14	0,13	0,1	0,2	0,08	0,15	0,1	0,12	0,12	11%

**Fuente:** elaboración propia en base a la evaluación AHP escala Saaty, 2021.

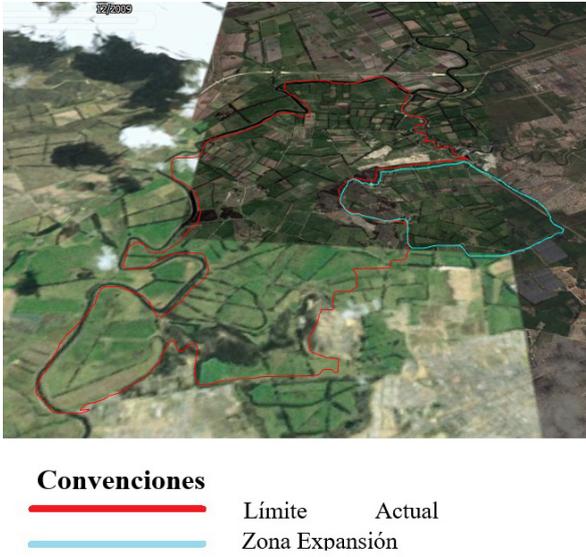
- **Planificación urbana:** en la actualidad no se cuenta con un plan de ordenamiento territorial – POT que corresponda a la dinámica actual tanto del territorio urbano como rural, por tanto, en el caso del municipio la planificación urbana al igual que en los países en desarrollo se ha impulsado por el incremento de la urbanización, las políticas inapropiadas de tierra y vivienda (Mosammam *et al.*, 2017). Esto sumado a la planificación reactiva, donde no se tuvo en cuenta la participación de los diferentes actores implicados, ha incidido tanto en la densificación de la población en todo el municipio como en el cambio del uso del suelo en las áreas rurales como es el caso de la vereda Bosatama, debido a que la misma se encuentra en una ubicación geográfica estratégica por su cercanía con la ciudad de Bogotá, que le permite al ciudadano promedio adquirir predios a menor costo e igualmente acceder a sistemas de transporte.

A su vez, la falta de planificación se ve reflejada en algunas problemáticas ambientales en la vereda Bosatama, las cuales, están asociadas a los cuerpos de agua que rodean la misma, debido a los fuertes olores, la contracción de la ronda del río Soacha en el sector urbano, así como el tratamiento urbanístico como espacio de desecho, relleno, colmatación y canalización de los humedales de la cuenca baja, (Alcaldía Municipal de Soacha, Cundinamarca, 2018, p. 73), de igual modo, el río Soacha presenta altos índices de contaminación de fósforo, nitrógeno y coliformes, así como una baja concentración de oxígeno disuelto en la parte baja, por materia orgánica de animales y actividades domésticas, residuos sólidos, fungicidas, herbicidas (Acosta, 2015).

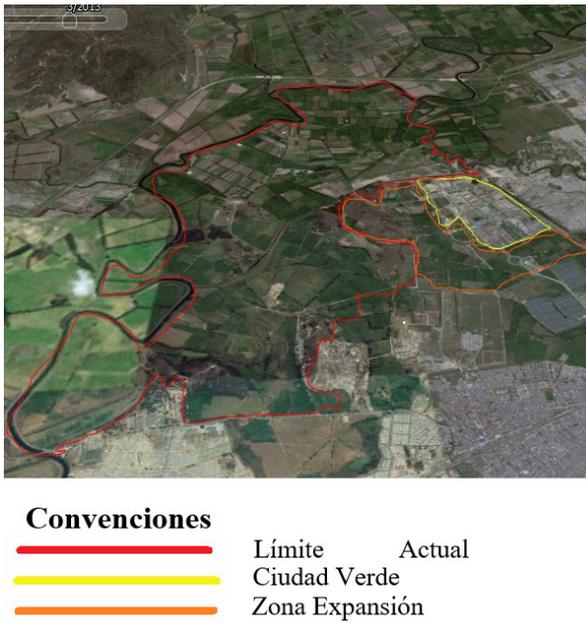
- **Usos del suelo y urbanización:** a partir de la caracterización del territorio y el análisis de imágenes satelitales del periodo 2009-2020, se evidenció una progresiva transformación física del territorio, como se puede observar

secuencialmente en las Figura 2, Figura 3 y Figura 4, donde el cambio de uso de suelo rural a urbano para vivienda, se generó principalmente por el desarrollo del megaproyecto de vivienda Ciudad Verde, lo que conllevó a un cambio en el uso del suelo con vocación agrícola (Figura 5), y que según la clasificación de las tierras del IGAC, son aptos para cultivos transitorios semi-intensivos, este cambio fue causado por la construcción del proyecto vivienda Ciudad Verde y cuya área destinada a la expansión, ocupó 533,18 ha (Alcaldía Municipal de Soacha. Cundinamarca, 2018, p. 252), del territorio total de la vereda, lo que condujo a pasar de contar con un área de 1748,19 ha, a 1215,01 ha (Alcaldía Municipal de Soacha, 2017), de estas 1215,01 ha, según el IGAC 214,44 ha, tienen vocación forestal y el restante es decir 997,57 ha, sería el área actual de cultivos y ganadería de la vereda. De ahí que, la urbanización ha contribuido en la expansión de áreas en suelos rurales de la vereda, que en concordancia con las tendencias mundiales ha generado diferentes consecuencias ambientales, sociales y económicas, como la pérdida de tierras agrícolas con suelo fértil, de alta productividad (Xie *et al.*, 2020), transformación del paisaje, pérdida de los recursos naturales, como la cubierta forestal, biodiversidad (Das & Das, 2019), ecosistemas estratégicos como humedales, cambio del uso suelo producto del sellado del mismo, expansión de la infraestructura a expensas de la tierra fértil, amenazando el suministro de servicios del ecosistema como la producción de alimentos, los servicios de hábitat o la regulación del clima. (Drobnik *et al.*, 2020; Dame, Schmidt, Müller, y Nüsser, 2019), pérdida de tierras, concentración de la población en el área urbana y desempleo.

- **Crecimiento urbano:** El desarrollo urbanístico de Soacha en las últimas dos décadas ha generado un aumento de habitantes y densificación, lo cual, se ve reflejado en la variación y tendencia de habitantes tanto en la parte urbana como en lo rural, donde ha disminuido, como se puede observar en la tabla 2, esto, pudo haberse generado no solo por los megaproyectos de vivienda como Ciudadela Maiporé, Ciudad Terreros y Ciudad Verde; este último ubicado en la vereda Bosatama, donde se presentó una expansión urbana de 533,18 ha utilizadas como soluciones habitacionales, sino también por las oportunidades que brinda la capital en cuanto a (salarios, empleabilidad, acceso a servicios sociales y la oportunidad de adquisición de vivienda a menor costo que en Bogotá), el desarrollo vial, las redes de transporte y el fenómeno del costo del suelo, situación que está relacionada “con la falta de suelo urbanizable en la capital y sus elevados costos de vida” (Alcaldía Municipal de Soacha. Cundinamarca, 2018, p.157).



**Figura 2.** Vereda Bosatama, imagen satelital I, 2009.  
Fuente: elaboración propia en base a Google Earth,2020.



**Figura 3.** Vereda Bosatama, Imagen satelital II, 2013.  
Fuente: elaboración propia en base a Google Earth,2020.



**Convenciones**

- Límite Actual
- Ciudad Verde

**Figura 4.** Vereda Bosatama, Imagen satelital III, 2020.  
Fuente: elaboración propia en base a Google Earth, 2020.



**Figura 5.** Clasificación de las tierras por su vocación de uso  
Fuente: elaboración propia en base a datos Geoportal, IGAG, 2020.

**Tabla 2.** Población del municipio de Soacha

Área	Personas Soacha 1993	Personas Soacha 2003	Personas Soacha 2005	Personas Soacha 2018	Variación Soacha 2005-2018
Urbana		364.625	393.006	640.143	+ 247.137
Rural		4.422	5.289	5.062	-0.227
Total	259.679	369.047	398.295	645.205	+ 246.910

**Fuente:** elaboración propia en base a los datos del Censo general 2005 y 2018. Soacha, Cundinamarca. DANE, 2020.

Conforme a lo expuesto, se presenta un aumento constante en la población del municipio principalmente en la parte urbana que se ha expandido a las zonas rurales, siendo uno de los casos la vereda Bosatama, en la cual, producto de la urbanización sufrió una pérdida de su territorio y un aumento de la población urbana que llegó a habitar en estos proyectos de vivienda, de esta manera, se evidencia una intención y prioridad política hacia lo urbano que rural, llegando a generar esto que algunos sectores o habitantes no sean intervenidos adecuadamente y que decidan migrar hacia lo urbano, de tal modo, y conforme a lo mencionado por Rivera (2013), este crecimiento urbano corresponde a la espacialidad de la ciudad moderna, en un proceso de expansión extrarradio a los alrededores de una urbe central producto del incremento en el tamaño de la población y de las dinámicas industriales, que en el caso de Soacha se ha presentado debido a que el municipio concentra una gran fuerza laboral de Bogotá D.C., que por ingresos económicos quizás no se pueden ubicar en la capital, generando un aumento demográfico acelerado en el municipio, ejerciendo así presión sobre su población rural, en torno a aspectos socioculturales y económicos.

Por otra parte, es importante retomar contextualmente a Harris y Ulman (1945) citados por Martínez (2017), y su modelo de deslocalización de las industrias, el cual, plantea que la ampliación o expansión territorial desarticulada genera la ocupación de áreas rurales en la periferia, llegando a configurarse una nueva estructura de ciudad de acuerdo con su crecimiento físico-espacial, que gira en torno a actividades urbanas (industria y servicios) y procesos de urbanización.

Por lo anterior, se considera que Soacha es producto de este modelo de deslocalización, dado que emergió alrededor de la ciudad central de Bogotá D.C., lo cual, ha generado el desarrollo de equipamientos e infraestructura, unidades habitacionales, ampliación de los servicios públicos básicos y la transformación de los territorios ancestrales, experimentando de esta manera, nuevos patrones de crecimiento y estructura territorial urbana caracterizada por “un patrón de crecimiento no planificado y desigual, impulsado por multitud de procesos y que conduce a una utilización ineficiente de los recursos” (Guite, 2019, p.195). Propios del modelo de ciudad difusa o ciudad región y que en el caso de la vereda de Bosatama ha configurado un nuevo espacio rural integrado a la urbe.

## **Abordajes actores claves**

La aplicación de las entrevistas permitió documentar las narrativas de actores claves del territorio (campesinos, líderes comunales, pequeños productores y funcionarios del estado), en relación a los efectos de la rururbanización, posteriormente se sistematizaron en el software MAXQDA® con el fin de

identificar las frecuencias de las respuestas más mencionadas de las entrevistas y establecer las variables que sirvieron como insumo, para el análisis de las problemáticas causadas por el fenómeno de la rururbanización mediante el análisis mediante el uso del software ATLAS.ti®, a continuación, se presenta el análisis de cada dimensión:

- **Dimensión económica:** La rururbanización ha generado grandes transformaciones en el territorio, las cuales, pueden verse reflejadas mayoritariamente en el cambio del uso del suelo, la urbanización y el aumento del valor de la tierra, de ahí que, esta realidad concuerda no solamente con las tendencias mundiales de expansión urbana identificadas en el análisis bibliográfico y en la dinámica de conformación en la vereda, sino también con Cardoso y Fritschy (2012) quienes expresan que el proceso de rururbanización se caracteriza por aspectos como “la diversidad ocupacional, permanencia en la tenencia de tierra, desplazamiento de las actividades agropecuarias como soporte fundamental para el sustento familiar, demanda de servicios públicos y expansión urbana en suelo rural” (p. 9). Dichas características se perciben en la vereda, en cuanto a las variables de transporte urbano y parqueaderos que son causa de las urbanizaciones, donde las zonas de parqueo que se han instalado en la vereda han generado un cambio en el uso del suelo y de las actividades económicas agropecuarias.

De igual forma, Cardoso y Fritschy (2012) refieren que una característica del proceso de rururbanización es la pervivencia de actividades agrarias de gran importancia y rentables, las cuales, predominan en la población rural originaria, desde esta perspectiva en la vereda dada su vocación agropecuaria se mantiene la ganadería y la agricultura, con los cultivos de hortalizas que generan no solo un ingreso económico a sus habitantes sino también garantizar la seguridad alimentaria. A continuación, se presenta la interrelación interdimensional y su influencia en el espacio geográfico.

- **Dimensión social:** Uno de los principales impactos en esta dimensión en la vereda se centran en el aumento de la inseguridad, la migración y cambio de actividades culturales y sociales, respecto a estas la que mayor mención realizaron los entrevistados fue el aumento de la inseguridad en la vereda, debido a la cercanía de los proyectos de vivienda Ciudad Verde, lo cual, concuerda con lo expuesto por Cardoso y Fritschy (2012); Macuacé (2019), en relación a que uno de los factores que ejercen mayor presión en los territorios rururbanos es la percepción del aumento de la delincuencia, causada por las migraciones intraurbanas.

Por otra parte, los entrevistados relataron que han llegado extranjeros en busca de trabajo en los cultivos y agricultores desplazados de Bosa Porvenir y Recreo donde, también se desarrollaron diferentes proyectos

de vivienda, estos últimos han arribado al territorio para continuar con sus actividades relacionadas con el cultivo de hortalizas dado que la vereda mantiene la vocación agrícola, de esta manera y en concordancia con Macuacé (2019), el proceso de rururbanización genera flujos migratorios y de movilidad interna que reconfiguran las dinámicas de los espacios rururbanos que si bien son particulares en cada territorio pueden tener dinámicas similares, al respecto es preciso mencionar a Nates (2008) quien es retomado por Sánchez (2018) y Macuacé (2019), quien expresa la existencia de la rururbanidad cuando hay una población asentada en franjas rurales-urbanas, bien sea nativas por autoctonía o nativa por adopción quienes configuran dinámicas propias llegando a correlacionarse de una u otra manera entre los nativos como los forastero, de esta manera, se forjan nuevas relaciones entre estos, lo que implica la producción de territorialidades urbanas y rurales que van desde medios de vida (ambiente, territorio, economía), relaciones sociales y culturales.

Por otro lado, la organización característica de la ruralidad ha presentado cambios debido a la llegada de población distinta a los antiguos habitantes, generando relaciones difíciles, debido a la instalación de nuevas actividades económicas, donde gran parte de suelos agrícolas han quedado inutilizados (Cardoso y Fritschy (2012). Es así como, en la vereda se encuentra población que mantiene como herencia sus tierras y actividades agropecuarias, la mayoría de la población está entre los 30 a 60 años y cuentan con una junta de acción comunal, la cual, actualmente está conformada tanto por habitantes oriundos como foráneos, estos últimos llegaron aproximadamente hace 15 años a la vereda mediante la adquisición de predios con el fin de establecer diferentes actividades económicas, no obstante, algunos no habitan en el territorio.

- **Dimensión Ambiental:** Los espacios rururbanos a nivel mundial han venido experimentado grandes transformaciones en el uso del suelo y en el paisaje, impulsado por diferentes procesos como: la expansión urbana, el desplazamiento de la tierra agrícola, la deforestación, la urbanización y el aumento de la población urbana, lo que ha conducido a la utilización ineficiente de los recursos entre los que se encuentra el suelo (Bhat P. *et al.*, 2017; Mohamed y Worku, 2019). De igual forma, ha generado una degradación ambiental de nacimientos de agua, bosques, humedales, recursos bióticos, etc. (Macuacé, 2019). Lo anterior, no ha sido ajeno a la vereda producto de su cercanía con Ciudad Verde y la Ciudad de Bogotá, donde el mayor impacto se genera por el cambio de uso del suelo agrícola fértil, para actividades industriales y suelos de engorde (especulación inmobiliaria), los cuales han sido rellenado sistemáticamente con fines de venta para una futura expansión urbana, causando problemáticas de inadecuada disposición de residuos y quemas, por otra parte, en la vereda

existen zonas de riesgo por inundación por su cercanía con las diferentes fuentes hídricas.

Ahora bien, desde la percepción de los diferentes actores claves fue posible develar que la dinámica de conformación del territorio concuerda con la tendencia mundial, en relación a que el proceso de expansión urbana es asociado al cambio en el uso del suelo, lo que ha incidido en la transformación del paisaje, afectación de los recursos naturales, deforestación, reducción de la corteza vegetal, así como la disposición de residuos, escombros y la falta de acueducto en la vereda, respecto a este último, se evidenció que en la vereda algunos predios cercanos a Ciudad Verde cuentan con agua potable, abastecida por la EAAB y los demás son abastecidos por parte del acueducto veredal, que no es continuo y por ende es ineficiente por lo que, el riego de los cultivos se hace tomando agua de los ríos Bogotá y Tunjuelo.

- **Dimensión Político Institucional:** Desde las narrativas relacionadas a esta dimensión, fue posible identificar la ausencia del Estado en cuanto a la carencia de apoyo para fortalecer la competitividad agropecuaria y la falta de aprobación POT, lo que ha influido tanto en la ordenación y regulación del uso del suelo en la vereda, esto en gran parte debido a la decisión política de crear el megaproyecto de vivienda de Ciudad Verde en suelo rural de Bosatama, como en la formulación conjunta de estrategias y oportunidades para la comunidad que no solo propendan por un desarrollo, sino también brinden posibilidades de empleabilidad en estos terrenos productivos para las actividades agrícolas.

Ahora bien, es preciso retomar estudios de diferentes autores como (Cardoso & Fritschy, 2012; Sánchez, 2018; Macuacé, 2019; Ubilla, 2019) quienes mencionan que factores políticos como: modelos de desarrollo, políticas públicas, planes de ordenamiento inciden en la estructura y reconfiguración espacial del uso del suelo que causan el proceso de rururbanización, por tanto, es necesario comprender que el papel del Estado es fundamental para la aplicación de la normatividad existente y la generación específica para los espacios rururbanos que posibiliten el desarrollo sustentable y que tenga en cuenta las necesidades del territorio y la participación de la comunidad en los procesos de planificación.

## Matriz síntesis

La matriz síntesis (Tabla 3) construida a partir de la aplicación del método Stlocus resume las valoraciones que surgieron del cruce o correlación de los 13 lugares y las variables (territorialidades, vocaciones, racionalidades, procesos, tendencias y espacialidades) presentes en la vereda, por ende, la misma, refleja una análisis e interpretación de los lugares con características

determinadas que pueden ser más o menos comunes, así como el grado de significancia de cada variable, esto, conforme a una escala de valoración donde (3) es importante, (2) secundaria, (1) poco relevante y (0) ausente.

**Tabla 3.** Matriz síntesis

Concepto	3 importante			2 Secundario				1 Poco Relevante			0 Ausente			Nivel importancia										
	Territorialidad			Vocaciones							Racionalidad				Procesos			Tendencias			Espacialidades			
Variable	PU	RU	NA	RE	TU	PD	EQ	PUD	AI	ATM	GA	SP	AM	EC	SO	SI	CO	VA	VU	AC	AB	RE	RL	
Recreativa	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	3	2	1	3	3	2	2	3	30
Turística	3	0	0	0	3	0	2	0	0	0	0	0	1	2	3	3	3	3	3	1	3	2	3	35
Industria	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	2	3	2	1	3	3	3	3	1	3	2	32
Equipamiento	3	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0	2	1	3	2	2	1	3	2	2	3	3	32
Periurbano débil	3	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	2	3	2	0	3	3	3	2	3	2	3	34
Lugares degradados	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	2	3	2	0	3	0	3	1	1	3	0	24
Explotación Agrícola Intensiva	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	37
Explotación Agrícola tamaño medio	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	2	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	38
Ganadería Extensiva	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2	3	3	3	2	2	3	3	2	3	3	35
Sistema de cerros protección	0	0	3	2	2	0	0	0	0	0	0	3	3	1	2	2	3	0	3	3	3	3	3	36
Humedales	0	0	3	2	2	3	0	0	0	0	0	3	2	3	2	3	3	3	3	2	3	1	2	40
Cuenca Hidricas	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	2	3	3	3	0	3	3	3	3	3	34
Ponderación por variable	18	9	9	9	7	12	5	0	3	6	6	9	24	27	31	26	3	2	0	35	29	28	32	30

**Territorialidad:** (PU) Periurbana, (RU) Rural, (NA) Natural-Vocaciones: (RE) Recreativa, (TU), Turística, (PD) Poco definida, (EQ) Equipamientos, (PUD) Vocación periurbana débil, (AI) Agrícola Intensiva, (ATM) Agrícola tamaño medio, (GA) Ganadera, (SP), Suelos de protección. **Racionalidades:** (AM) Ambiental, (EC) económica, (SO) Social **-Procesos:** (SI) Sinérgicos, (CO) Conflictivos. **Tendencias:** (VA) Valorización, (VU) Vulnerabilidad, (AC) (Accesibilidad). Espacialidades: (AB) Absoluta, (RE) Relativa, (RL) Relacional

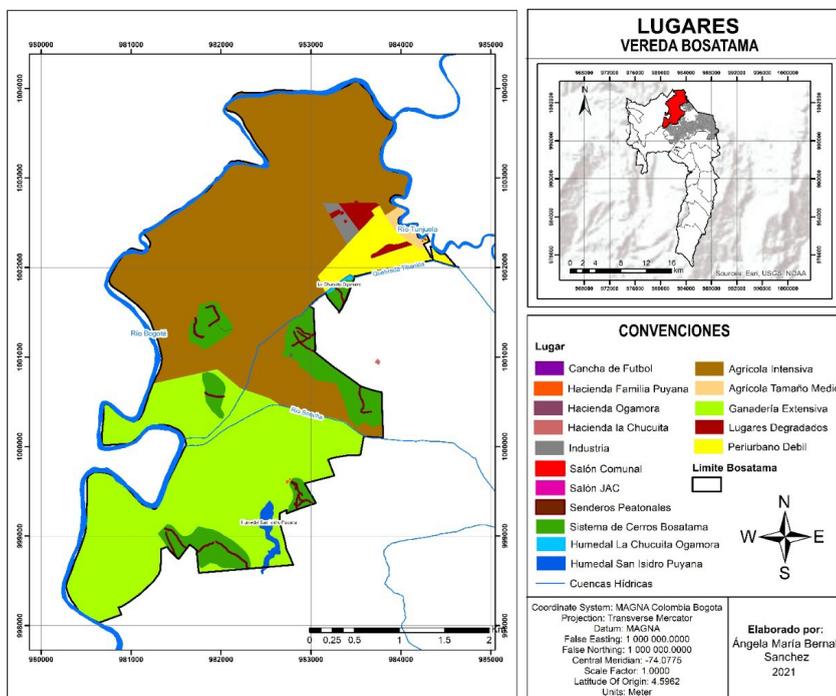
**Fuente:** elaboración propia en base a la aplicación del método Stlocus, 2021.

De esta evaluación cabe destacar que los lugares calificados con un nivel alto de importancia en la mayoría de las variables, son los humedales con 40 puntos, ya que estos representan ecosistemas estratégicos reconocidos por la comunidad, seguido de los lugares de explotación agrícola intensiva con 38 puntos y de tamaño medio 37 puntos, estos dos constituyen la principal actividad económica de la población campesina de la vereda y presentan una marcada racionalidad social, procesos sinérgicos y una espacialidad relacional generada por el significado y arraigo que representan para la población oriunda.

Por su parte, los lugares que tienen el menor número de variables calificadas con nivel importante son los equipamientos y la industria con 32 puntos, así como los lugares degradados con 24 puntos, todos estos están ubicados en la territorialidad periurbana cuya vocación es poco definida y se constituyen en los que mayor preocupación causan en la comunidad, al generar procesos conflictivos, en gran parte por las racionalidades económicas que se presentan, debido al uso mixto del suelo entre actividades agrícolas, industriales y zonas de relleno para el parqueo entre otros, lo cual, muestra una marcada tendencia de valorización producto de los intereses que tienen

algunos propietarios de esta territorialidad como futura expansión urbana, que están por encima de las racionalidades sociales y ambientales, debido a la espacialidad relativa; por su cercanía con la ciudad de Bogotá y Ciudad verde, y la espacialidad relacional dada la significación social para la población oriunda, ya que sus tierras no solo representan el sustento, sino también su herencia, la conservación de sus tradiciones y modos de vida.

Ahora bien, una vez sistematizada las entrevistas y aplicado el método Stlocus, se logró identificar las problemáticas presentes en la vereda Bosatama asociadas a cada dimensión y que representan la dinámica que sufre el espacio geográfico de acuerdo con sus territorialidades (Figura 6).



**Figura 6.** Lugares vereda Bosatama Soacha, Cundinamarca.

Fuente: elaboración propia, 2021.

- **Ambiental:** el proceso de rururbanización en la vereda ha causado un cambio de uso del suelo, el cual, no solo ha generado la pérdida de suelos fértiles aptos para las actividades agrícolas, deforestación,

pérdida de la fauna, flora, ecosistemas estratégicos como el humedal Ricatama y la transformación del paisaje, sino también problemáticas asociadas a la inadecuada disposición de residuos, como llantas usadas y escombros. Otras de las problemáticas ambientales se relacionan con la contaminación de las fuentes hídricas que atraviesan la vereda y la deficiencia de abastecimiento de agua potable en la vereda, así como, la contaminación del aire producto de la quema de residuos y la extracción de carbón de manera artesanal.

- **Económica:** en la vereda se ha venido presentando una mezcla de actividades económicas como, la agricultura, la ganadería, la instauración de actividades industriales y zonas de parqueo, lo cual, ha configurado una competitividad entre estas actividades económicas causando que en el área periurbana cercana a Ciudad Verde y Bosa San José se genere un debilitamiento de las actividades agropecuarias esto, como producto de la llegada de nuevos propietarios quienes modificaron las prácticas económicas históricas del territorio generando conflictos en relación con el uso del suelo en la Vereda. Asimismo, debido a la cercanía de la vereda con los proyectos urbanísticos que la rodean y su expansión hacia el suelo rural de esta, se presenta en algunos lugares especulación inmobiliaria que incide en el relleno de suelos que quedan inutilizados o son empleados para pequeñas industrias o actividades comerciales con la intención de valorizar sus tierras, frente a posibles compras por agentes inmobiliarios.
- **Social:** debido a la llegada a la vereda de nuevos propietarios y la vinculación de algunos a la JAC se han generado conflictos con antiguos habitantes, a raíz de los intereses particulares en referencia a los cambios en el uso del suelo para actividades comerciales, lo cual, ha llegado a incidir no solamente en el cambio de las actividades tradicionales y cotidianas de los campesinos, sino también en el debilitamiento de los lazos comunitarios en el territorio, a su vez, algunos lugares de patrimonio cultural y arquitectónicos en el territorio como haciendas y arte rupestre Muisca, se han venido deteriorando en gran parte por la no declaración como objetos de preservación y conservación, esto, más la falta de presencia institucional ha conllevado a que se encuentren en mal estado e incluso algunos se hayan perdido como es el caso de la Casa hacienda Ogamora o Chucua Vargas, la cual, fue incendiada.  
Por último, una de las problemáticas más sentidas es el aumento de la delincuencia, debido a la presencia de población foránea que vienen a la vereda por la cercanía con Ciudad Verde y Bosa San José, la comunidad refiere que con la llegada de los proyectos de urbanización se ha fomentado la inseguridad.
- **Político Institucional:** los intereses particulares y el debilitamiento de los lazos comunitarios han incidido en el no fortalecimiento de los

mecanismos de participación y toma de decisiones por parte de la comunidad campesina, conllevando a que esta no haya sido tenida en cuenta tanto en el proceso de ordenación del territorio, como en los cambios de uso del suelo, lo cual, ha generado una percepción general de ausencia del estado.

Por otra parte, la no oportuna formulación, aprobación e implementación de un nuevo POT, ha generado una afectación en la vereda toda vez que, ha incidido en la regulación de los usos del suelo, la expansión urbana y el desarrollo rural, lo cual, se puede reflejar en la falta de fortalecimiento de las actividades agropecuarias y quizás sea la causa por la que algunos campesinos han venido introduciendo actividades económicas diferentes como la prestación de servicios de parqueo, lo que ha contribuido al deterioro de la vía rural.

### ***Evaluación de las problemáticas identificadas***

A partir del desarrollo de las anteriores etapas, se obtuvo insumos producto del acervo teórico, la observación en campo y las entrevistas aplicadas, lo cual, permitió identificar las posibles causas o variables de los procesos conflictivos y las tendencias de uso del suelo, que genera el proceso de rururbanización e incide en la planificación del territorio. De esta manera, cada proceso conflictivo se evaluó mediante una matriz Vester, con el fin de determinar la influencia que genera en el territorio.

Ahora bien, de acuerdo con el instrumento aplicado se identificó que el problema central es el cambio de las actividades tradicionales y las tendencias de uso del suelo, las cuales, generan el proceso de rururbanización e inciden en la planificación del territorio, a su vez, permitió develar la existencia de 21 problemas (Tabla 4), donde los que tienen mayor influencia sobre el problema central fueron las que se ubicaron en la parte más alejada de la esquina superior derecha de una matriz axial, llegando a ser el cambio del uso del suelo y la expansión urbana de la dimensión ambiental, el cambio de las actividades tradicionales y cotidianas de la dimensión social, el debilitamiento de las actividades agropecuarias de la dimensión económica y la falta de aprobación e implementación de un nuevo plan de ordenamiento territorial de la dimensión político institucional.

Conforme a lo expuesto, las estrategias de planificación para el territorio rururbano sustentable de la vereda Bosatama se plantearon en torno a la resolución de las cinco problemáticas más críticas, las cuales concuerdan con las relaciones interdimensionales entre las tendencias mundiales de expansión urbana y las aplicables a la vereda, así como el desarrollo del método Stlocus, lo manifestado por los diferentes actores claves entrevistados y la evaluación de la matriz Vester.

**Tabla 4.** Matriz Vester de influencia

Dimensión	Código	Variable	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	E1	E2	E3	E4	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	P1	P2	P3	P4	P5	INFLUENCIA	
Ambiental	A1	Transformación del paisaje	3	3	3	3	3	3	3	3	2	0	2	3	1	3	2	2	3	2	2	0	3	2	2	3	3	3	2	0	61	
	A2	Cambio usos del suelo	3	3	2	3	3	3	3	2	0	3	3	2	3	2	2	2	3	2	2	0	3	2	2	3	3	3	2	0	62	
	A3	Deforestación	3	3	1	2	3	3	2	1	0	2	3	0	3	2	3	3	2	2	0	3	2	2	1	3	3	3	2	0	55	
	A4	Pérdida de la fauna y flora	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2	2	3	1	3	2	3	3	2	2	0	3	2	2	3	3	3	1	0	62	
	A5	Pérdida ecosistemas	3	3	3	2	3	2	3	3	1	2	3	1	3	2	3	3	2	1	0	3	2	1	3	3	3	2	0	60		
	A6	Expansión urbana	2	3	2	2	2	3	2	3	2	3	2	3	2	2	3	3	2	2	3	2	2	0	2	3	3	2	1	61		
	A7	Ganadería extensiva inadecuada	2	3	2	2	3	3	2	2	1	3	3	2	3	3	3	2	2	2	2	2	0	3	3	3	3	3	3	64		
	A8	Contaminación de	2	2	2	1	1	3	0	2	0	2	2	0	3	1	2	3	2	2	0	3	2	1	3	2	3	1	0	45		
	A9	Contaminación fuentes hídricas	3	3	3	2	2	3	2	3	0	2	2	0	3	3	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	3	3	1	0	52
	A10	Contaminación del aire	2	2	3	2	2	3	3	2	3	3	2	2	3	0	3	2	3	3	1	2	0	3	2	1	2	3	3	2	2	58
	A11	Zonas de riesgo por inundación	3	3	3	2	3	3	1	2	2	2	3	2	1	2	2	2	2	2	1	0	2	2	0	3	3	3	1	0	52	
	A12	Incendios forestales	2	3	3	0	2	3	2	3	0	0	0	0	3	2	3	3	2	2	1	3	2	2	2	2	3	3	2	0	52	
	A13	Deficiencia en la continuidad v.	3	3	3	2	2	3	2	1	3	2	2	1	2	2	2	3	2	2	1	0	3	3	0	3	3	2	2	0	55	
Económica	E1	Intrusión de actividades	3	3	3	1	2	3	2	2	1	2	1	2	3	3	3	3	2	1	3	2	0	3	3	3	1	3	3	61		
	E2	Faltas de competitividad	3	3	2	2	2	3	1	2	3	2	3	3	3	3	3	3	2	1	1	3	3	0	3	3	3	3	3	65		
	E3	Dependencias	3	3	2	0	2	3	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	0	3	3	0	3	3	3	3	1	60		
	E4	Dependencias inmobiliarias- Lotes	2	3	3	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	1	3	2	3	1	3	2	3	3	2	3	64		
Social y Cultural	SC1	Procedencia de los miembros del	2	2	1	0	0	3	2	0	0	0	0	1	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	0	3	3	2	2	0	43	
	SC2	Arribo de nuevos habitantes	1	2	2	0	2	3	2	0	0	0	0	2	3	3	3	3	2	2	3	3	1	2	2	2	2	2	0	45		
	SC3	Aumento delincuencia	3	3	0	0	0	3	2	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	3	2	2	2	0	44		
	SC4	Cambio de las actividades	3	3	3	2	2	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	1	3	3	3	3	2	2	74		
	SC5	Debitamiento de los lazos	2	3	0	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	3	3	2	3	1	3	3	2	1	58	
	SC6	Decreimiento patrimonio v.	3	3	1	2	2	3	1	2	0	0	0	1	1	2	1	3	2	3	2	3	2	3	3	3	3	0	0	50		
Politico institucional	P1	Decreimiento de compromisos de	1	3	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	2	3	3	0	2	3	3	0	1	2	3	0	3	2	2	0	30	
	P2	Falta de aprobación e implementación	2	3	2	2	2	3	2	2	3	2	3	0	3	3	2	2	3	1	2	0	2	1	2	3	3	2	1	2	55	
	P3	Falta presencia de las autoridades	0	1	0	2	2	1	0	0	0	0	0	1	2	0	1	2	0	3	0	1	0	2	0	3	3	3	2	2	25	
	P4	Carencia en el fortalecimiento de	3	3	2	2	3	3	2	3	3	1	3	3	3	3	3	2	3	2	2	3	2	3	0	3	3	3	3	68		
	P5	Falta de mantenimiento via	0	3	0	0	0	3	3	2	0	0	3	0	0	3	1	3	2	2	0	0	3	3	0	3	3	0	0	0	37	
DEPENDENCIA			62	75	53	38	51	77	52	54	44	24	48	46	37	70	59	66	76	56	50	19	74	64	24	77	78	70	48	26		

0. No afecta o no es causa- 1. Es causa directa. - 2. Es causa medianamente indirecta. -3. Es causa muy directa

Fuente: elaboración propia, 2021.

### Estrategias para la planificación del territorio rururbano sustentable en la vereda Bosatama-Soacha

Las actuaciones vinculadas con el ordenamiento territorial como concepto y acción requieren un enfoque interdisciplinario necesario al fenómeno multidimensional que enfrenta. Empero es la ciencia geográfica, enriquecida por diferentes enfoques, la bisagra que permite establecer las relaciones complejas entre las diferentes disciplinas relacionadas con el territorio; de esta manera permite entender a partir de la espacialidad procesos socioeconómicos y culturales, determinar estructuras y distribuciones de los factores emergentes e incidentes en los cambios generados y constituirse así en un marco necesario para la propuesta de acciones específicas a recomendar en un territorio.

Por tanto, para la construcción de estrategias de planificación se recurrió a las bases teóricas del discurso geográfico en relación con los componentes multidimensionales de la construcción territorial, esto se complementó con los criterios e indicadores encontrados en documentos científicos publicados durante los años 2010-2020 en las bases de datos Scopus y Science Direct, a partir de las categorías de sustentabilidad, planificación

territorial e indicadores de sustentabilidad. Una vez se realizó el análisis de los RAE se agruparon los criterios e indicadores para la planificación de un territorio sustentable en cuatro dimensiones: Sustentabilidad Ambiental, Sustentabilidad Económica, Sustentabilidad Social, Sustentabilidad Política e Institucional, con el fin considerar los que pueden ser empleados para la medición de las estrategias propuestas.

La discusión sobre sustentabilidad en el momento actual trasciende el nivel epistemológico y se sitúa en las discusiones sobre política pública y sobre los modelos económicos implantados en el territorio. De esta manera, se ha constituido en un paradigma alternativo presente en el diseño de instrumentos relacionados con el desarrollo y el territorio. La geografía se erige en un marco de referencia en esta discusión dada la importancia del espacio como concepto vinculante entre la sustentabilidad y el territorio, a partir de las formas de apropiación ejercidas, y el entendimiento de los factores que intervienen en esos procesos espaciales, las formas de control territorial y sus implicaciones en la situación ambiental.

Las estrategias propuestas se encaminan a enriquecer los enfoques y acciones relacionadas con el ordenamiento y planificación, es una apuesta que busca a partir de la perspectiva geográfica trascender hacia la generación de estrategias mediadas por la propuesta de la inteligencia territorial, en relación con la regulación del uso del suelo, el incremento de la productividad agropecuaria, la conservación de los recursos naturales y el reconocimiento de las prácticas y saberes de la población campesina en procura de integrar el territorio rural en la siguiente planificación municipal:

### ***Eje sustentabilidad político institucional***

El objetivo de este eje se encamina a consolidar un territorio que ordene de manera funcional, los espacios rururbanos en pro de la contención de la expansión urbana y los cambios del uso del suelo mediante la adecuada gestión del uso de este, para lo cual, se proponen dos estrategias, una encaminada a la **consolidación de los usos del suelo y otra hacia la gestión del uso del suelo**, con las cuales se pretende caracterizar de manera participativa los usos, vocaciones y ocupación actual del suelo del territorio, con el propósito de identificar las problemáticas reales asociadas a sus usos, para efectuar una zonificación que aporte al ordenamiento físico-espacial y a las necesidades del territorio (Sánchez, 2018), e igualmente regular el uso del suelo a partir de la aprobación e implementación de un nuevo POT que vincule la caracterización participativa del uso, vocación y ocupación del suelo y el instrumento de pactos de bordes rural-urbano, este permitirá la participación de la comunidad e instituciones para la adecuada gestión del suelo, la defensa del territorio y áreas de conservación con el fin de contener la expansión urbana y cambios de usos del suelo, desde un direccionamiento

estratégico (Macuacé, 2019; Quimbayo *et al.*, 2020). Contribuyendo no solo con la ordenación del territorio, sino también en la definición de corredores ecológicos, zonas de protección ambiental y rural (Palacio *et al.*, 2018), que permitan una planificación sustentable del territorio.

### ***Eje sustentabilidad económica***

Para alcanzar un equilibrio entre el crecimiento económico productivo y el fortalecimiento de las actividades agropecuarias, que permita la transición hacia un modelo de gestión sustentable del territorio, que responda a las necesidades de la comunidad, este eje propone incrementar la productividad agropecuaria sustentable desde el desarrollo de tres estrategias, una dirigida hacia la **diversificación de producción sustentable**, otra hacia la **producción pecuaria sustentable** y finalmente una hacia la **prácticas sustentables de los recursos naturales agua y suelo**, dichas estrategias podrían mejorar y fortalecer tanto las capacidades pecuarias como el uso del suelo y los recursos naturales del territorio, con el fin de optimizar la planificación de sistemas y siembra de productos demandados en el mercado, local, regional e internacional que empleen prácticas sustentables para la conservación del suelo y agua, para que a mediano plazo obtengan una mayor estabilidad y rentabilidad en sus sistemas de producción (FAO, 2011).

### ***Eje sustentabilidad social***

El objetivo de este eje es rescatar las prácticas y tradiciones culturales de la población para salvaguardar sus conocimientos y evitar así una pérdida de la identidad cultural, lo cual, según Soriano (1999) podría significar la pérdida de agrosistemas y el conocimiento de los campesinos de muchos años de aprendizaje y coevolución con el medio ambiente más una disminución de la cohesión social (Ávila, 2005), de tal modo, para ello, se proponen dos estrategias, una direccionada a la **promoción de la asociatividad** y otra hacia la **integración comunitaria**, con ellas se buscaría fomentar una organización social rural que transmita y proteja los conocimientos dentro de las comunidades y el estilo de vida del campesino (Quimbayo *et al.*, 2020), en aras de brindarles herramientas que les permitan afrontar posibles cambios económicos y culturales (Vergara, 2018), a su vez, fortalecer los lazos de apoyo con los demás territorios rurales del municipio para promover una cultura de participación y representación comunitaria, que no solo contribuya a un mejor desarrollo de actividades agropecuarias y culturales, mediante un intercambio de conocimientos, valores culturales y tradiciones agrícolas o pecuarias, sino también a fortalecer sus mecanismos de participación en espacios de representación o decisión política, con el fin, de que la misma se empodere de los procesos de formulación de políticas públicas de ruralidad y así logren aportar a la planificación sustentable del territorio.

### Eje sustentabilidad ambiental

En el territorio se hace necesario vincular acciones transversales y articuladas en cada uno de los ejes que permitan el manejo y conservación de los recursos naturales que son la base para la provisión de servicios ambientales, el desarrollo y bienestar de la comunidad de la vereda, por ello, se formulan dos estrategias interrelacionadas, una que conduzca a la **conservación de los recursos naturales** y otra hacia la **rehabilitación ecológica**, con estas se podría identificar la estructura ecológica principal de la vereda, con el fin de establecer acciones para la conservación de los recursos naturales y el mantenimiento de los servicios ambientales, desde un principio general de participación y gestión sustentable del territorio, que contribuya a restablecer o reparar los procesos, la productividad y los servicios del ecosistema degradado, llevándolo a un sistema similar predisturbio (Society for Ecological Restoration, 2004), que pueda vincular técnicas de rehabilitación silvicultura mixta, con especies aptas para la vereda en suelos sobre la ronda del río Bogotá, para lo cual, es necesario adquirir predios que se encuentren sobre zonas de riesgo en la ronda del río y construirlas como zonas de reserva forestal.

### Articulación de estrategias para la planificación del territorio rururbano sustentable vereda Bosatama

Teniendo en cuenta la gran cantidad de problemas críticos detectados a partir de la evaluación del territorio con la matriz Vester, se considera que las estrategias de planificación del territorio rururbano sustentable propuestas deben agruparse en un lineamiento de política pública de ruralidad que vincule diversas acciones interinstitucionales que articulen cada eje (Figura 7).



**Figura 7.** Diagrama de articulación de estrategias.  
Fuente: elaboración propia, 2021.

Por consiguiente, se propone abordar la formulación de la política de ruralidad desde el enfoque territorial como el planteado en la metodología de esta investigación, donde la construcción de las estrategias se establecieron de abajo hacia arriba, es decir, teniendo en cuenta las necesidades del territorio y la participación de la comunidad, con el fin de entender el territorio como un espacio socialmente construido (Fernández *et al.*, 2019), en este sentido las estrategias propuestas se proyectaron de manera relacional, con el propósito de que la administración municipal no solo posea una herramienta de gestión para el ordenamiento de este territorio, sino que a su vez articule de manera armoniosa las diversas dimensiones ambiental, económica social y político institucional de la vereda Bosatama, con el fin de generar acciones que contribuyan en la resolución de las problemáticas presentes en cada dimensión.

### **Discusión y síntesis**

El análisis vincula la discusión los fenómenos globales, en este caso la urbanización y su reflejo en un lugar como la vereda Bosatama, inicialmente se encontró que existe una concordancia entre los factores que influyen en la expansión urbana a nivel mundial y el territorio objeto de estudio, similitud que se ratificó a partir de la evaluación del proceso analítico jerárquico (AHP), con el cual, se determinó que el uso del suelo, la urbanización, el crecimiento urbano y la planificación urbana han fomentado el proceso de rururbanización en la vereda, esto junto a la aplicación del método Stlocus y la percepción de los actores permitió identificar las territorialidades, las vocaciones y los lugares con respecto al uso de los suelos, y así develar las racionalidades, procesos y especialidades en el territorio que generan conflictos y problemáticas reflejadas en las dimensiones económica, social, ambiental y político institucional producto del proceso de rururbanización.

De tal modo, se encontró una correlación entre el proceso de expansión urbana y el cambio del uso del suelo que se ve reflejado en el aumento del valor de la tierra y la pérdida del suelo agrícola fértil producto de la urbanización por el megaproyecto de vivienda Ciudad Verde, así como la instauración de una zona industrial, lo que llevó al desplazamiento de las actividades agropecuarias que no solo generó el cambio de actividades económicas, sino también un cambio en las actividades tradicionales y cotidianas, el aumento de la percepción de la delincuencia, la transformación del paisaje y la pérdida de ecosistema estratégicos, entre otros.

Por último, las problemáticas identificadas en cada dimensión se evaluaron mediante la aplicación de una matriz Vester, la cual, permitió determinar las más críticas que fueron el insumo para la formulación de las estrategias para la planificación del territorio sustentable desde cuatro ejes sustentabilidad

ambiental, social, económica y político institucional, que pueden incluirse en un lineamiento de política de ruralidad.

## **Conclusiones**

El enfoque científico de inteligencia territorial a partir de la aplicación del método Stlocus permitió analizar el proceso de rururbanización en la vereda Bosatama, su incidencia e impacto en los patrones de ocupación y apropiación territorial, producto del cambio de uso del suelo, asimismo contribuyó a develar las concepciones que giran en torno a las territorialidades, racionalidades, vocaciones, procesos, tendencias y espacialidades, que junto con las entrevistas realizadas a los actores claves, posibilitó la identificación de las necesidades, problemáticas y posibles soluciones presentes en la vereda para la construcción de las estrategias en pro de la planificación sustentable del territorio rururbano.

### ***Relaciones interdimensionales entre las tendencias mundiales de expansión urbana y las aplicables a la dinámica de conformación de la vereda Bosatama***

Se evidenció que la transformación en el uso del suelo rural de la vereda Bosatama, se ha generado por el patrón de crecimiento físico expansivo del municipio de Soacha, el cual, fue acelerado por el proceso de conurbación que ha ejercido Bogotá sobre el municipio, conllevando a un aumento de la urbanización y crecimiento urbano; propiciado por la planificación reactiva que no tuvo en cuenta la participación de los habitantes del territorio rural y la deficiente regulación del municipio debido a la falta de un POT actualizado, esto no solo concuerda con las tendencias mundiales de los factores que influyen en la expansión urbana, sino también con la dinámica de conformación de la vereda que se caracteriza por el proceso de rururbanización, impulsado principalmente por los proyectos urbanísticos de Ciudad Verde.

### ***Aportes al proceso de planificación del territorio bajo el enfoque de inteligencia territorial, desde las percepciones de los diferentes actores claves***

El enfoque de IT a través del método Stlocus, por un lado, permitió identificar los patrones de ocupación y apropiación territorial, desde la participación del subgrupo poblacional compuesto por los diferentes actores claves, de esta manera, se logró determinar que los lugares ubicados en la territorialidad periurbana cuya vocación es poco definida tienen una tendencia a ser los que mayores procesos conflictivos generan en la comunidad, al concebirse desde una racionalidad económica, por encima de la social y ambiental, debido a

la instalación de diferentes actividades como las zonas de parqueo, la zona industrial y suelos de engorde, ocasionado que gran parte de estos que eran de uso agrícola hayan quedado inutilizados y presenten una combinación de usos del suelo, lo cual, ha marcado una tendencia de valorización.

A su vez, que el proceso de rururbanización ha suscitado varias problemáticas y consecuencias en el territorio en las dimensiones económica, social, ambiental y político institucional, siendo las de mayor afectación a la comunidad el debilitamiento de las actividades agropecuarias, el cambio de las actividades tradicionales y cotidianas, el cambio del uso del suelo y la expansión urbana, lo cual, se generó debido a la no aprobado e implementado un nuevo plan de ordenamiento acorde con las realidades del territorio y de manera concertada con la comunidad rural.

Asimismo, desde la aplicación del método Stlocus y las entrevista al subgrupo de actores claves como estrategia de investigación social, fue posible conocer las problemáticas y posibles soluciones presentes en la vereda desde su percepción en relación con el territorio y el proceso de rururbanización, lo cual, generó mayor conocimiento sobre las dinámicas que ocurren en la vereda. Por tanto, sería importante que el Estado vincule el enfoque de inteligencia territorial como un instrumento complementario de planificación, toda vez que, la investigación cualitativa contribuye en la comprensión de las realidades territoriales desde la comunidad, lo que permite configurar nuevas ideas para la construcción de la planificación sustentable del territorio.

### ***Estrategias para la planificación del territorio rururbano sustentable caso vereda Bosatama***

A través de la investigación-acción fue posible establecer la dinámica de conformación de la vereda, los patrones de ocupación, la apropiación territorial y los aportes al proceso de planificación a partir de las realidades del territorio y la percepción de los actores claves, lo cual, coadyuvó a la formulación de estrategias para la planificación del territorio rururbano sustentable que contribuyan a superar las situaciones actuales o futuras que generan conflicto en el territorio, mejorando los procesos de ordenamiento desde un enfoque territorial, que favorezcan la regulación del uso del suelo, el incremento de la productividad agropecuaria, la conservación de los recursos naturales, el reconocimiento de las prácticas y saberes de la población campesina en procura de lograr una integración urbano-rural.

De esta manera, con el propósito de generar procesos sinérgicos las estrategias se agruparon en cuatro ejes de sustentabilidad que de manera articulada podrían constituirse en un lineamiento de política pública de ruralidad que vincule diversas acciones interinstitucionales, que no solo contemple criterios técnicos o económicos, sino también aspectos sociales, ambientales y políticos, los cuales, desde la co-participación, co-construcción

y colaboración puede mejorar la toma de decisiones y la gobernanza en busca de la planificación sustentable. De este modo, la comprensión social de los contextos territoriales rurales, desde unas dinámicas cooperativas de participación y construcción, pueden aportar tanto en la caracterización e interpretación de la relación sociedad-territorio, como en la creación de diferentes estrategias que posibiliten unas micro-transformaciones del territorio, lo que generaría un proceso de gestión y gobernabilidad territorial tendiente a descentralizar la formulación de los lineamientos de política.

Conforme a lo expuesto, el enfoque de inteligencia territorial a través del método Stlocus para la planificación del territorio, podría vincularse a los modelos actuales de ordenamiento en Colombia, toda vez que, permite considerar otras perspectivas y realidades sociales, que contribuyen a la generación, producción y comprensión territorial, para mejorar la intervención institucional de las administraciones gubernamentales en los territorios rurales, permitiéndoles con ello reconsiderar las estrategias de desarrollo y la asignación de recursos, con base en la realidad de estos.

## Referencias

- Acosta, G. (2015). Caracterización físico-química y microbiológica del agua del río Soacha, Cundinamarca, Colombia. *Revista de investigación Agraria y Ambiental*, 6(2), 119 – 144. DOI: <https://doi.org/10.22490/21456453.1410>
- Alcaldía Municipal de Soacha (2017). *Mapa División Administrativa Rural*. Soacha, Cundinamarca, Colombia.
- Alcaldía Municipal de Soacha, Cundinamarca (2018). *Plan de Ordenamiento Territorial Anexo al documento y cartografía de diagnóstico*. Soacha, Cundinamarca. <http://www.alcaldiasoacha.gov.co/secretaria/secretaria-de-planeacion-y-ordenamiento-territorial/pot/documentos?download=4394:documento-diagnostico-final-2018>
- Ávila, H. (2005). *Lo urbano-rural, ¿nuevas expresiones territoriales?* Vol. Primera Edición, Cuernavaca, México: Universidad Nacional Autónoma de México-Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias. <https://www.crim.unam.mx/web/node/732>
- Bharath, H., Chandan, M., Vinay, S. y Ramachandra (2018). Modelling urban dynamics in rapidly urbanising Indian cities. *El diario egipcio de teledetección y ciencia espacial*, 21 (3), 201-210. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2017.08.002>
- Bhat, P., Shafiq, M., Mir, A. and Ahmed, P. (2017). Urban sprawl and its impact on landuse/land cover dynamics of Dehradun City, India. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 6 (2), 513-521. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2017.10.003>
- Bozzano, H., and Canevari, T. (2020). Transformar diálogos de saberes en diálogos de haceres: ciencia, comunidad y políticas. Vol. Primera Edición. La Plata: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (Edulp).

- Cámara de Comercio de Bogotá (2010). *Plan económico para la competitividad de Soacha, 2009-2019*. Bogotá, D.C.  
[https://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/2851/5914\\_pec\\_soacha.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/2851/5914_pec_soacha.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cardoso, M. M. y Fritschy, B. A. (2012). Revisión de la definición del espacio rururbano y sus criterios de delimitación. *Contribuciones Científicas GAEA*, 24, 27-39.  
[http://www.gaea.org.ar/contribuciones/CONTRIBUCIONES\\_2012/4.GAEA%20CONTRIBUCIONES\\_2012\\_CARDOSO.pdf](http://www.gaea.org.ar/contribuciones/CONTRIBUCIONES_2012/4.GAEA%20CONTRIBUCIONES_2012_CARDOSO.pdf)
- Das, M., and Das, A. (2019). Dynamics of Urbanization and its impact on Urban Ecosystem Services (UESs): A study of a medium size town of West Bengal, Eastern India. *Journal of Urban Management*, 8 (3), 420-434. DOI:  
<https://doi.org/10.1016/j.jum.2019.03.002>
- Drobnik, T., Schwaab, J. and Regamey, A. (2020). Moving towards integrating soil into spatial planning: No net loss of soil-based ecosystem services. *Journal of Environmental Management*, 263. DOI:  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110406>
- Fernández, J., Fernández, M. y Soloaga, I. (2019). *Enfoque territorial y análisis dinámico de la ruralidad: alcances y límites para el diseño de políticas de desarrollo rural innovadoras en América Latina y el Caribe*. Ciudad de México, México: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).  
<https://www.cepal.org/es/publicaciones/44905-enfoque-territorial-analisis-dinamico-la-ruralidad-alcances-limites-diseno>
- Guite, S. (2019). Assessment of urban sprawl in Bathinda city, India. *Journal of Urban Management*, 8 (2), 195-205. DOI:  
<https://doi-org.bdigital.udistrital.edu.co/10.1016/j.jum.2018.12.002>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAG (17 de mayo de 2020). *Geoportal Datos Abiertos Cartografía y Geografía*.  
<https://geoportal.igac.gov.co/contenido/agrologia-consulta>
- Macuacé, R. A. (2019). Los espacios rururbanos en Colombia: algunos elementos. *Procesos urbanos* (6), 34-41. DOI: <https://www.doi.org/10.21892/2422085X.455>.  
<https://revistas.cecar.edu.co/index.php/procesos-urbanos/article/view/455>
- Martínez, A. (2017). Efectos socioeconómicos y territoriales del proceso de rururbanización en la comunidad de Santa María del Monte dentro de la zona Metropolitana del Valle de Toluca. Estado de México, México.  
[http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/67626/\\_UAEM-FAPUR-TESIS-ANA%20LAURA%20MARTINEZ%20VAZQUEZ-split-merge.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/67626/_UAEM-FAPUR-TESIS-ANA%20LAURA%20MARTINEZ%20VAZQUEZ-split-merge.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Mohamed, A. and Worku, H. (2019). Quantification of the land use/land cover dynamics and the degree of urban growth goodness for sustainable urban land use planning in Addis Ababa and the surrounding Oromia special zone. *Journal of Urban Management*, 8 (1), 145-158. DOI:  
<https://doi.org/10.1016/j.jum.2018.11.002>
- Mosammam, H., Tavakoli Mía, J., Khani, H., Teymouri, A. y Kazemi, M. (junio de 2017). Monitoring land use change and measuring urban sprawl based on its

- spatial forms: The case of Qom city. *El diario egipcio de teledetección y ciencia espacial*, 20(1), 103-116. DOI:  
<https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2016.08.002>
- Palacio, C., Van der Hammen, M. y de Urbina, A. (2018). *Investigación y experiencias colaborativas para la gobernanza de un sur sostenible en Bogotá*. Bogotá, D.C: Universidad Externado de Colombia.  
[https://bdigital.uexternado.edu.co/micrositios/fuentesvivasagua/contenidos/1\\_area\\_estudio/pdf/capitulo1\\_4.pdf](https://bdigital.uexternado.edu.co/micrositios/fuentesvivasagua/contenidos/1_area_estudio/pdf/capitulo1_4.pdf)
- Quimbayo, G., Kotilainen, J. and Salo, M. (2020). Reterritorialization practices and strategies of campesinos in the urban. *Land Use Policy*, 99.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026483771931467X#!>
- Rincón, V. y Vásquez, O. (2016). *Evaluación de la viabilidad del aprovechamiento de la cáscara de banana para la remoción de plomo en las aguas de riego de cultivos de lechuga. En un estudio de caso en la vereda Bosatama del Municipio de Soacha*. Bogotá D.C, Colombia.  
<http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00003134.pdf>
- Rueda, S. (2003). P5 Modelos de ordenación del territorio más sostenibles. *IAU+S: la Sostenibilidad en el Proyecto Arquitectónico y Urbanístico*, 32 (33), 119-134.  
<http://polired.upm.es/index.php/boletincfs/article/view/2340/2422>
- Sánchez, D. (2018). Abordajes Teórico-Conceptuales y elementos de reflexión sobre rururbanización desde los estudios territoriales. Virajes. *Revista de Antropología y Sociología. Revista de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales Universidad de Caldas Manizales*, 20(1), 15-35. DOI:  
<https://www.10.17151/rasv.2018.20.1.2>
- Society for Ecological Restoration (2004). Principios de SER International sobre la Restauración Ecológica. [https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER\\_Primer/ser-primer-spanish.pdf](https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Primer/ser-primer-spanish.pdf)  
[https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER\\_Primer/ser-primer-spanish.pdf](https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Primer/ser-primer-spanish.pdf)
- Ubilla, G. (2019). Rururbanización, suburbanización y reconcentración de la tierra: efectos espaciales de instrumentos rurales en las áreas periurbanas de Chile. *Revista de estudios sobre despoblación y desarrollo rural*, 28, 75-106. DOI: <https://www.doi.org/10.4422/ager.2019.07>
- Vergara, P. (2018). Los saberes campesinos como estrategia de desarrollo rural en la Serranía de los Yariguies (Santander Colombia). *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 38 (2), 461-476. DOI:  
<https://dx.doi.org/10.5209/AGUC.62488>
- Xie, H., Zhang, Y. and Duan, K. (2020). Evolutionary overview of urban expansion based on bibliometric analysis in Web of Science from 1990 to 2019. *Habitat International*, 95. DOI: <https://www.doi.org/10.1016/j.habitatint.2019.102100>

## Sustentabilidad y urbanización

- Abedini, A., & Khalili, A. (2019). Determining the capacity infill development in growing metropolitans: A case study of Urmia city. *Revista de Gestión Urbana*, 8(2), 316-327. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jum.2019.04.001>
- Abu Hatab, A., Rigo, M., Lindemer, A., & Lagerkvi. (2019). Urban sprawl, food security and agricultural systems in developing countries: A systematic review of the literature. *Cities*, 129-142. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.06.001>
- Aburas, M., Abdullah, S., Ramli, M., & Asha'ari, Z. (2017). Land Suitability Analysis of Urban Growth in Seremban Malaysia, Using GIS Based Analytical Hierarchy Process. *Procedia Engineering*, 1128-1136. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.155>
- Anand, A., Rufuss, D., Rajkumar, V., & Suganthi, L. (2017). Evaluation of Sustainability Indicators in Smart Cities for India Using MCDM Approach. *Energy Procedia*, 141, 211-215. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.11.094>
- Artaraz, M. (2002). Teoría de las tres dimensiones de desarrollo sostenible. *Ecología y Medio Ambiente*, X (3), 1-6. <https://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/viewFile/614/580>
- Bečić, E., Mulej, E., & Švarc, J. (2012). Measuring Social Progress by Sustainable Development Indicators: Cases of Croatia and Slovenia. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 37, 458-465. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.03.311>
- Farid, K. (2011). Urban Sprawl Vs Urban Renewal: ¿What Role for Town and Country Planning Instruments in Ensuring Sustainable Cities? Case of Algeria. *Procedia Engineering*, 21, 760-766. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2075>
- Farinós, J. (2008). Gobernanza Territorial para el Desarrollo Sostenible: Estado de la cuestión y Agenda. *Boletín de la A.G.E.-Universitat de València-Estudi General* (46), 11-32. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2686501/1.pdf>
- Fernández, L., & Gutiérrez, M. (2013). Bienestar Social, Económico y Ambiental para las Presentes y Futuras Generaciones. *Información Tecnológica*, 24 (2), 121-130. [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642013000200013](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642013000200013)
- Galli, A., Đurović, G., Hanscom, L., & Knežević, J. (2018). Think globally, act locally: Implementing the sustainable development goals in Montenegro. *Environmental Science & Policy*, 84, 159-169. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.03.012>
- Gallopín, G. (2003). *Sostenibilidad y desarrollo Sostenible: un enfoque sistémico*. CEPAL - SERIE Medio ambiente y desarrollo (64). [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5763/S033120\\_es%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5763/S033120_es%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Garavito, M., & Ramírez, W. (2016). Fundamentos y consideraciones generales sobre restauración ecológica para Colombia. *Biodiversidad en la práctica*

- documentos del Instituto Humboldt*, 147-176. <http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/BioP/e1/06-fundamentos-re.pdf>
- García, M., Christien, L., García, E., & González, C. (2020). Sensitivity of green spaces to the process of urban planning. Three case studies of Madrid (Spain). *Cities* (100).  
DOI: <https://doi-org.bdigital.udistrital.edu.co/10.1016/j.cities.2020.102655>
- García, S., & Miralles, J. L. (2015). New Strategies to Improve Governance in Territorial Management: Evolving from “Smart Cities” to “Smart Territories”. *Procedia Engineering*, 118, 3-11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.396>
- Gavriliadis, A., Niță, M., Onose, D., Badiu, D., & Năstase, I. (2019). Methodological framework for urban sprawl control through sustainable planning of urban green infrastructure. *Ecological Indicators*, 96 (2), 67-78.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.10.054>
- Lazaro, L., & Yang, Y. (2019). Urban planning historical review of master plans and the way towards a sustainable city: Dar es Salaam, Tanzania. *Fronteras de la Investigación Arquitectónica*, 8(2), 359-377. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.01.008>
- Lezama, J. L., & Domínguez, J. (septiembre de 2006). Medio ambiente y sustentabilidad urbana. *Papeles de Población*, 12(49). [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-74252006000300007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-74252006000300007)
- Lincaru, C., Atanasiu, D., & Pirciog, S. (2016). Peri-urban Areas and Land Use Structure in Romania at LAU2 Level: An Exploratory Spatial Data Analysis. *Procedia Environmental Sciences*, 32, 124-137.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.017>
- Mohammad, P., & Enayatollah, R. (2018). Determinación de los indicadores de expansión urbana hacia el desarrollo urbano sostenible. *SMART AND Sustainable Built Environment*, 7(3-4), 293-308. Recuperado el 17 de abril de 2020, de [http://apps.webofknowledge.com.bdigital.udistrital.edu.co:8080/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=7C7YDwlu46lajOsCwkd&page=1&doc=4](http://apps.webofknowledge.com.bdigital.udistrital.edu.co:8080/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=7C7YDwlu46lajOsCwkd&page=1&doc=4)
- Naredo, J. M. (2002). Instrumentos para paliar la insostenibilidad de los sistemas urbanos. Biblioteca CF+S. Ciudades para un futuro más sostenible. *Ecología y Ciudad: Raíces de Nuestros Males y Modos de Tratarlos*, Boletín 24. Madrid, España. <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n24/ajnar.html>
- Nassar, D., & Elsayed, H. (2018). From Informal Settlements to sustainable communities. *Alexandria Engineering Journal*, 57 (4), 2367-2376.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.09.004>
- Quatrini, V., Barbati, A., Carbone, F., Giuliarelli, D., Russo, D., & Corona, P. (2015). Monitoring land take by point sampling: Pace and dynamics of urban expansion in the Metropolitan City of Rome. *Landscape and Urban Planning*, 143, 126-133. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.06.012>
- Rahman, A. (2016). Sostenibilidad urbana a través de la planificación estratégica: un caso de planificación metropolitana en la ciudad de Khulna, Bangladesh. *Journal of Urban Management*, 5 (1), 16-22.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jum.2016.06.001>

- Raissa, D., Setiawan, R., & Rahmawati, D. (2014). Identification of Indicators Influencing Sustainability of Minapolitan Area in Lamongan Regency. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 135, 167-171. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.07.342>
- Ramos, P. (noviembre de 2014). *La infraestructura básica hidrosanitaria y el proyecto urbano sustentable. Análisis de las condiciones de desarrollo urbano de las ciudades intermedias de Venezuela considerando la provisión de servicios públicos básicos hidrosanitarios*. Tesis Magíster en diseño urbano. Caracas, Venezuela. [https://www.fundacionaquae.org/wp-content/uploads/2016/10/TFM\\_Patricia-Ramos-Carquez.pdf](https://www.fundacionaquae.org/wp-content/uploads/2016/10/TFM_Patricia-Ramos-Carquez.pdf)
- Rivera, J. A. (30 de septiembre de 2014). *Proceso de Urbanización y Agentes Urbanos en Pereira, Colombia*. 568. Barcelona, España. DOI: <https://www.tesisenred.net/handle/10803/132907#page=13>
- Rueda, S. (2012). El Libro Verde de Sostenibilidad Urbana y Local en la Era de la Información realizado en el marco del Convenio de colaboración entre el (Edaimon DeJuan ed.). (A. y. Ministerio de Agricultura, Ed.) Madrid, España. <https://ovacen.com/wp-content/uploads/2013/11/libro-verde.pdf>
- Ruiz, V., Martínez, J., & Mingorria, S. (2019). Environmental Conflicts Related to Urban Expansion Involving Agrarian Communities in Central México. *Sustainability*, 11(6545), 1-19. DOI: 10.3390/su11236545
- Sturzaker, J., & Verdini, G. (2017). Opposition and resistance: Governance challenges around urban growth in China and the UK. *Journal of Urban Management*, 6 (1), 30-41. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jum.2017.02.001>
- Taecharungroj, V., Boonchaiyapruerk, P., & Muthuta, M. (2019). Three-pronged sustainability assessment of ten towns in the vicinity of Bangkok, Thailand. *Environmental and Sustainability Indicators*, 3-4. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indic.2019.100006>
- Turcu, C. (2012). Local experiences of urban sustainability: Researching Housing Market Renewal interventions in three English neighbourhoods. *Progress in Planning*, 78 (3), 101-150. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.progress.2012.04.002>
- Universidad de los Andes. (2015). Informe 6 Objetivos de Calidad 2018-2020. Universidad de los Andes, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Bogotá, D.C: entro de Investigación en Ingeniería Ambiental CIAA. [http://www.ambientebogota.gov.co/c/document\\_library/get\\_file?uuid=c2f6ebca-3ac6-4bb8-b7eb-1f2f97753c0a&groupId=3564131](http://www.ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=c2f6ebca-3ac6-4bb8-b7eb-1f2f97753c0a&groupId=3564131)
- Usach, N., & Freddo, B. (2015). *Crecimiento de una ciudad dispersa análisis y reflexiones del caso de la ciudad de Comodoro Rivadavia*. Informe Científico Técnico UNPA, 7(1), 219-243. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5123578>
- Vásquez, S. (2016). *Cartografía de Vulnerabilidad por fragilidad frente a seismos en la ciudad de Hural (Perú)*. Tesis para optar al grado de Máster Universitario en Tecnologías de la información geográfica para la

- ordenación del territorio: sistemas de información geográfica y teledetección. Zaragoza, España. <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:KCDPc4DAuegJ:https://core.ac.uk/download/pdf/289986061.pdf+&cd=27&hl=es&ct=clnk&gl=co>
- Velázquez Hernández, E., & López Romero, P. C. (2021). La propiedad ejidal de la tierra en contextos de rururbanización en México: sus desafíos y oportunidades en una ciudad media (Xalapa, Veracruz). *Historia Agraria de América Latina*, 2 (1), 174–196. DOI: <https://doi.org/10.53077/haal.v2i01.87>
- Viderman, T. (2015). ¿REFINA-An Integrated and Multilevel Approach to Dealing with Land Consumption? *Estudios Europeos de planificación*, 23, 550-567. DOI: <https://doi-org.bdigital.udistrital.edu.co/10.1080/09654313.2013.878311>
- Visvaldis, V., González, A., & Ralfs, P. (2013). Selecting Indicators for Sustainable Development of Small Towns: The Case of Valmiera Municipality. *Procedia Computer Science*, 26. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.12.004>
- Wang, Y., Yuan, J., & Lu, Y. (2020). Constructing demonstration zones to promote the implementation of Sustainable Development Goals. *Geography and Sustainability*, 1 (1), 18-24. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2020.02.004>
- Webb, R., Bai, X., Stafford M., , R., Griggs, D., Moglia, M., Neuman M., Newman, P., Newton, P., Norman, B., Ryan, C., Schandl H., Steffen W., Tapper N. & Thomson, G. (2018). Sustainable urban systems: Co-design and framing for transformation. *Ambio*, 47, 57-77. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-017-0934-6>
- Wei, C., Taubenböck, H., & Blaschke, T. (2017). Measuring urban agglomeration using a city-scale dasymetric population map: A study in the Pearl River Delta, China. *Habitat International*, 59, 32-43. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2016.11.007>
- Yang, B., Zhang, Z., Chen, F., Liu, G., & Lv, J. (2017). Spatial Patterns of China's Major Cities and Their Evolution Mechanisms during the Past Decades of Reform and Opening Up. *Procedia Engineering*, 198, 915-925. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.137>
- Zárate, M. A., & Rubio, M. T. (s.f.). *Fundamentos de Geografía Humana*. Madrid, España: Editorial Centro de Estudios Ramón Arces, S.A. [https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=sFxoDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA13&dq=espacios+y+sociedades+\(2003\)+zarate+antonio&ots=TSD8qVi6NB&sig=UImkKmOC0-mBB5TcMJOMs1gtDM8&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=sFxoDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA13&dq=espacios+y+sociedades+(2003)+zarate+antonio&ots=TSD8qVi6NB&sig=UImkKmOC0-mBB5TcMJOMs1gtDM8&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- Zhan, H., Zhou, L.-G., Ma, W., & Ma, W.-N. (2011). Land use dynamics of the fast-growing Shanghai Metropolis, China (1979-2008) and its implications for land use and urban planning policy. *Sensors*, 11 (2), 1794-1809. DOI: <https://doi.org/10.3390/s110201794>

### **Perspectiva geográfica urbanización y rururbanización**

- Ardiwijaya, V., Soemardi, T., Suganda, E., & Temen. (2014). Bandung Urban Sprawl and Idle Land: Spatial Environmental Perspectives. *Procedimiento APCBEE* (10), 208-213. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2014.10.040>

- Barbati, A., Quatrini, V., Carbone, F., & Giuliane. (2015). Monitoring land take by point sampling: Pace and dynamics of urban expansion in the Metropolitan City of Rome. *Paisajismo y Urbanismo* (143), 126-133. DOI: <https://doi-org.bdigital.udistrital.edu.co/10.1016/j.landurbplan.2015.06.012>
- Barrou, D., Benbouaziz, A., & Alkama, D. (2017). Spontaneous urban renewal of the former Eurasian settlements in the event of the sustainable development: case of Dechra Beida, Arris (Algeria). *Energy Procedia* (119), 835-844. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.109>
- Botero, V., Cabrera, M., & Ortega, D. (2017). Estrategias para mejorar la competitividad en el sector agrícola. Trabajo de grado para optar al título como Profesional en. Bogotá, D.C, Colombia. <https://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/146/BoteroGiraldo-;jsessionid=E33FC716BFDA D98E251CFAED1DB85080?sequence=1>
- Buitrago, M. E., Ospina, L. A., & Narváz, W. (2018). Sistemas Silvopastoriles: Una alternativa en la mitigación y adaptación la producción bovina el cambio climático. *Boletín científico centro de museo de historia natural*, 22 (1), 31-42. <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v22n1/0123-3068-bccm-22-01-00031.pdf>
- Cardoso, M. (2011). El fenómeno de contraurbanización y el protagonismo de ciudades menores y de espacios rururbanos metropolitanos. *Cadernos Metropole*, 13(26), 497-521. <https://revistas.pucsp.br/index.php/metropole/article/view/14766>
- Carvajal, N. (2012). Nuevas dinámicas urbano-rurales en Bogotá y Soacha. *Eutopía Revista de Desarrollo Económico Territorial*, 3, 51-66. DOI: <https://doi.org/10.17141/eutopia.3.2011.1013>
- Buchelli, E., & John, M. (26 de diciembre de 2010). Reflexiones acerca del concepto de Ciudad-Región Desde un Perspectiva Incluyente y Equitativa y Teniendo en cuenta el Fenómeno del Desplazamiento Forzado. *Revistas Universidad la Salle*, 4 (1), 101-115. <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:V25Pcwn73osJ:https://revistas.lasalle.edu.co/index.php/gs/article/download/300/234/+&cd=3&hl=es&ct=clnk&gl=co>
- da Cunha, J., & Rodríguez Vignoli, J. (2009). Crecimiento urbano y movilidad en América Latina. *Revista Latinoamericana de Población* (4-5), 27-64. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323827368003>
- Dame, J., Schmidt, S., Müller, J., & Nüsser, M. (2019). Urbanisation and socio-ecological challenges in high mountain towns: Insights from Leh (Ladakh), India. *Landscape and Urban Planning* (189), 189-199. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.04.017>
- De Mattos, C. (diciembre de 2002). Transformación de las ciudades latinoamericanas. ¿Impactos de la globalización? *EURE Revista Latinoamericana de Estudios Urbano Regionales*, 28(85). doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612002008500001>
- de Noronha Vaz, E., Cabral, P., Caetano, M., Nijka, P., & Painho, M. (2012). Urban heritage endangerment at the interface of future cities and past heritage: A spatial vulnerability assessment. *Habitat International*, 36(2), 87-294. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2011.10.007>

- Depp, S., & Saklani, A. (2014). Urban sprawl modeling using cellular automata. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science* (172), 179-187.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2014.07.001>
- Duran Prieto, J., & Molina Fonseca, A. (mayo de 2020). Colores urbanos: Mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea) de Bogotá Región (Colombia). *Biota Colombiana*, 7. <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota/article/view/759/680>
- Eduful, A., & Hooper, M. (2019). Urban migration and housing during resource booms: The case of Sekondi-Takoradi, Ghana. *Habitat International* (93). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2019.10.029>
- Gong, J., Chen, W., Liu, Y., & Wang, J. (2018). Urban expansion dynamics and modes in metropolitan Guangzhou, China. *Política de uso del suelo* (72), 100-109.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.12.025>
- Grêt-Regamey, A., Altwegg, J., Sirén, E., van Sieten, M., & Weibel, B. (2017). Integrating ecosystem services into spatial planning-A spatial decision support tool. *Paisajismo y Urbanismo* (165), 206-219.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.05.003>
- Guo, L., Tian, Q., & Di, L. (2019). Detecting spatio-temporal changes of arable land and construction land in the Beijing-Tianjin corridor during 2000–2015. *Journal of Geographical Sciences*, 29 (5), 702-718. <https://www.scopus-com.bdigital.udistrital.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85064533618&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Sprawl+urban++sustainable+planning+methodologies&nlo=&nlr=&nls=&sid=c78b0335a3034d8dd>
- Haller, A. (mayo de 2014). The “sowing of concrete”: Peri-urban smallholder perceptions of rural–urban land change in the Central Peruvian Andes. *Política del uso del suelo*, 38, 239-247. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.11.010>
- Haslauer, E., Biberacher, M., & Blaschke, T. (2012). GIS-based Backcasting: An innovative method for parameterisation of sustainable spatial planning and resource management. *Futuros*, 44(4), 292-302.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2011.10.012>
- Hegazy, I., & Kaloop, M. (2015). Monitoring urban growth and land use change detection with GIS and remote sensing techniques in Daqahlia governorate Egypt. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 117-124.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2015.02.005>
- Hernández Peña, Y. T. (2010). El ordenamiento territorial y su construcción social en Colombia: ¿un instrumento para el desarrollo sustentable? Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía (19). [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-215X2010000100008](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-215X2010000100008)
- Hersperger, A., Oliveira, E., Pagliarin, S., Palka, G., Verburg, P., Bolliger, J., & Grădinaru, S. (2018). Urban land-use change: The role of strategic spatial planning. *Cambio ambiental global* (51), 32-42.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.05.001>
- Izcara Palacios, S. (2014). *Manual de Investigación Cualitativa* (Primera Edición). México: Distribuciones Fontamara, S.A. <https://www.grupocieg.org/>

archivos/lzcara%20(2014)%20Manual%20de%20Investigaci%C3%B3n%20Cualitativa.pdf

- Inostroza, L., & Tábbita, J. (2016). Informal Urban Development in the Greater Buenos Aires Area: A Quantitative-Spatial Assessment Based On Households' Physical Features Using GIS and Principal Component Analysis. *Procedia Engineering* (161), 2138-2146.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.806>
- Kleemann, J., Inkoom, J., Thiel, M., Shankar, S., Lautenbach, S., & Fürst, C. (2017). Peri-urban land use pattern and its relation to land use planning in Ghana, West África. *Landscape and urban planning*, 165, 280-294.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.02.004>
- Kukulska-Koziel, A., Szylar M., Cegielska K., Noszczyk, T., Hernik J., Gawroński, K., Dixon-Gough, R., Jombach, S., Valánszki O., Filepné Kovács K. (2019). Towards three decades of spatial development transformation in two contrasting post-Soviet cities—Kraków and Budapest. *Land Use Policy* (85), 328-339.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.03.033>
- Ladino Mosquera, V. (2021). SAMANES DEL CAUCA. CONTRADICCIONES DE LA. *Revista Vivienda y Ciudad*, 7, 133-154. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/ReViyCi/article/download/30133/32276/104549>
- Martínez Toro, P. (2015). La producción del espacio en la ciudad latinoamericana. El modelo del impacto del capitalismo global en la metropolización. *Hallazgos*, 211-229. DOI: <https://doi.org/10.15332/s1794-3841.2015.0023.010>. Recuperado el 20 agosto de 2021 de <http://www.scielo.org.co/pdf/hall/v12n23/v12n23a11.pdf>
- Lucca, E. (2010). Sustentabilidad urbana, rural natural. *Sustentabilidades*, 1-22. <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:qhYMsOJi1ZWJ:www.sustentabilidades.usach.cl/sites/sustentable/files/paginas/02-08.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co>
- Misra, A., Masoodi, M., Poyil, R., & Tewar, N. (2018). Water demand and waste management with respect to projected urban growth of Gurugram city in Haryana. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 7 (3), 336-343. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjbas.2018.03.003>
- Morea, J. P. (2 de marzo de 2020). Modelos de desarrollo y soberanía en América Latina: una visión desde la gestión territorial. *Geopolítica(s). Revista de estudios sobre espacio y poder*, 11(1), 71-93. DOI: <https://doi.org/10.5209/geop.61993>
- Mouratidis, K. (2019). Compact city, urban sprawl, and subjective well-being. *Cities*, 92, 261-272. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.04.013>
- Oliveira Tabares, A., Monteiro, M., Barros, J., & Pinto Santos, P. (2019). Cambios de uso del suelo a largo plazo en ciudades pequeñas y medianas. Potenciar las tendencias generales y las características locales. *Estudios de planificación europea*, 27(7), 1432-1459.  
DOI: <https://doi.org/10.1080/09654313.2019.1588854>
- Ortiz, J., & Hernández, Y. (2015). Análisis desde la base del conocimiento local de las percepciones y respuestas locales frente al proceso de rurbanización en la

- vereda de Chuntame, municipio de Cajicá, Cundinamarca. *Cuadernos de Geografía*, 24 (1). DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/rcdg.v24n1.47775>
- Patra, S., Sahoo, S., Mishra, P., & Mahapatra, S. (2018). Impacts of urbanization on land use /cover changes and its probable implications on local climate and groundwater level. *Journal of Urban Management*, 70-84.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jum.2018.04.006>
- Rincón, N. I. (08 de septiembre de 2019). ¿Quién le prendió fuego a la Casona de la Hacienda Ogamora o Chucua Vargas en Soacha? Periodismo Público.com. <https://periodismopublico.com/quien-le-prendio-fuego-a-la-casona-de-la-hacienda-ogamora-o-chucua-vargas-en-soacha>
- Sanabria Artunduaga, T. H., & Ramírez Ríos, J. F. (2017). Ciudad compacta vs. ciudad difusa. Ecos antiguos y recientes para las políticas de planeación territorial y espacial. *Cuaderno Urbano. Espacio, cultura, sociedad*, 22(22), 28-52.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=369251998002>
- Sánchez, Ayala, L. (2021). un significado particular asignado a un espacio específico. Los lugares son espacios de significados; son espacios de experiencias vividas. *Journal of Cultural Geography*, 38 (2), 150-176.  
<https://doi-org.bdigital.udistrital.edu.co/10.1080/08873631.2020.1857633>
- Santamaría, M. (enero de 2011). *El límite, también espacio tridimensional de inclusión 80 años de paseo por 3 fronteras de crecimiento para la región capital el extraño encuentro de Bosa y Soacha* [Tesis grado maestría en planeación urbana y regional. Pontificia Universidad Javeriana]. Bogotá.  
<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/1289>
- Schaefer, M., & Tinh, N. (2019). Evaluation of Land Cover Change and Agricultural Protección Sites: A GIS and Remote Sensing Approach for Ho Chi Minh City, Vietnam. *Heliyon*, 5(5). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01773>
- Sebego, R., & Gwebu, T. (2013). Patterns, determinants, impacts and policy implications of the spatial expansion of an African capital city: The Greater Gaborone exampl. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 2(2), 193-208. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2013.12.002>
- Sepulveda Corzo, C., & Ramírez Mora, L. (2014). Trabajo de Pregrado. Sistematización de especímenes de la familia Pieridae (Papilionoidea) del Museo de Historia Natural de la Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá D.C.  
<http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/1850/TE-17273.pdf?sequence=1>

### **Geografía y perspectivas metodológicas en el espacio**

- Bozzano, H., Carut, C, Barbetti, C., Cirio, G., & Arrivillaga, N. (2008). Usos del suelo y lugares: Criterios teórico-metodológicos. *Aplicación a un caso en Guatemala. Revista Universitaria de Geografía* (17), 189-231.  
<http://bibliotecadigital.uns.edu.ar/pdf/reuge/v17n1/v17n1a09.pdf>
- Buzai, G., Lanzelotti, S., Paso Viola, L. F., & Principi, N. (2018). Cartografía analógica y digital para la delimitación regional y el análisis temático: aplicación a la cuenca del río Luján (Argentina). *Revista de Geografía Norte Grande*, 69.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022018000100099>

- Chadchan, J., & Shankar, R. (2012). An analysis of urban growth trends in the post-economic reforms period in India. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 1(1), 36-49. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2012.05.001>
- Cirio, G. (01 de febrero de 2016). *Territorio y Lugar en las Concepciones e Instrumentos de Planificación Territorial Municipal. El Partido de Quilmes, Buenos Aires, Argentina, 2004-2014* [Tesis para optar por el grado de Doctor en Geografía], La Plata, Argentina. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/51972>
- Cochran, F., & Brunsell, N. (2017). Biophysical metrics for detecting more sustainable urban forms at the global scale. *Revista Internacional de Medio Ambiente Construido Sostenible*, 6 (2), 372-388. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2017.05.004>
- Conejero, J. (2020). Una aproximación a la investigación cualitativa. *Neumol Pediatr*, 242-244. Recuperado el 22 de agosto de 2021, de <https://www.neumologia-pediatrica.cl/index.php/NP/article/view/57/57>
- Cortizo, D., Rodríguez, R., Frediani, J., & Bozzano, H. (2016). *La aplicación del método Stlocus para el abordaje de lugares vulnerables. Resultados de investigaciones-Proyección 20*. Universidad Nacional de La Plata, X, 109-131. [http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/9149/2016-20-6.pdf](http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/9149/2016-20-6.pdf)
- Crissi Aloranti, V. S. (2014). El Método Stlocus aplicado a un ordenamiento territorial-ambiental. Caso de Isla Verde (Córdoba Argentina). *Arquetipo*, 8, 29-42. <http://biblioteca.ucp.edu.co/OJS/index.php/arquetipo/article/view/2393/2258>
- Dadras, M., Shafri, H., Ahmad, N., Pradhan, B., & Safarpour, S. (2015). Spatio-temporal analysis of urban growth from remote sensing data in Bandar Abbas city, Irán. *El diario egipcio de teledetección y ciencia espacial*, 18 (1), 35-52. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2015.03.005>
- Díaz Bravo, L. P., Torruco García, U., Martínez Hernández, M., & Varela Ruiz, M. (2013). Metodología de investigación en educación médica La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación educ. médica*, 2 (7). [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-50572013000300009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572013000300009)
- Díaz de Salas, S. A., Mendoza Martínez, V. M., & Porras Morales, C. M. (2011). Una guía para la elaboración de estudios de caso. Razón y Palabra. *Primera Revista Electrónica en América Latina Especializada en Comunicación* (75), 1-25. [http://www.razonypalabra.org.mx/N/N75/varia\\_75/01\\_Diaz\\_V75.pdf](http://www.razonypalabra.org.mx/N/N75/varia_75/01_Diaz_V75.pdf)
- Dutta, I., & Das, A. (2019). Application of geo-spatial indices for detection of growth dynamics and forms of expansion in English Bazar Urban Agglomeration, West Bengal. *Journal of Urban Management*, 8 (2), 288-302. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jum.2019.03.007>
- El Garouani, A., Mulla, D., El Garouani, S., & Knight, J. (2017). Analysis of urban growth and sprawl from remote sensing data: Case of Fez, Morocco. *International Journal of Sustainable Built Environmen*, 6 (1), 160-169. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2017.02.003>

- Elfadaly, A., & Lasaponara, R. (2019). On the Use of Satellite Imagery and GIS Tools to Detect and Characterize the Urbanization around Heritage Sites: The Case Studies of the Catacombs of Mustafa Kamel in Alexandria, Egypt and the Aragonese Castle in Baia, Italy. *Sustainability*, 11(7).  
DOI: <https://doi.org/su11072110>
- Girardot, J. J. (2010). *Inteligencia Territorial y Transición Socio-Ecológica. Trabajo: revista iberoamericana de relaciones laborales*, 23, 15-39.  
[http://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/4896/inteligencia\\_territorial\\_transicion\\_socioecologica.pdf?sequence=3](http://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/4896/inteligencia_territorial_transicion_socioecologica.pdf?sequence=3)
- Gliemmo, F., & Bozzano, H. (2014). *Propuesta de aplicación del Método Stlocus como aporte para definir lugares sustentables para la práctica turística. Estudio de caso*. Argentina. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/43599>
- Goldblatt, R., Deininger, K., & Hanson, G. (2018). Utilizing publicly available satellite data for urban research: Mapping built-up land cover and land use in Ho Chi Minh City, Vietnam. *Development Engineering* (3), 83-99.  
DOI: <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.deveng.2018.03.001>
- Gutiérrez Puebla, J., Gould, M., García Palomares, J. C., Rodríguez Núñez, E., Carpio Pinedo, J., Díaz Pacheco, J.,... Vía García, M. (2013). *Introducción a los Sistemas de Información Geográfica y al software ArcGIS*. Madrid, <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:5wWis3lhPWkJ:files.especializacion-tig.webnode.com/200000052-e9aafeb9e5/Introduccion%2520a%2520los%2520SIG%2520y%2520al%2520ARCgis.pdf+&cd=29&hl=es&ct=clnk&gl=co>
- Haruna, M., Mohd Rusli, Y., & Ahmad Makmom, A. (2019). Delphi exploration of subjective well-being indicators for strategic urban planning towards sustainable development in Malaysia. *Journal of Urban Management*, 8 (1), 28-41.  
DOI: <https://doi-org.bdigital.udistrital.edu.co/10.1016/j.jum.2018.08.001>
- Huovila, A., Bosch, P., & Airaksinen, M. (2019). Comparative analysis of standardized indicators for Smart sustainable cities: ¿What indicators and standards to use and when? *Cities*, 89, 141-153.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.01.029>
- Kar, R., Reddy, G., Kumar, N., & Singh, S. (2018). Monitoring spatio-temporal dynamics of urban and peri-urban landscape using remote sensing and GIS – A case study from Central India. 21(3), 401-411.  
DOI: <https://doi-org.bdigital.udistrital.edu.co/10.1016/j.ejrs.2017.12.006>
- Kashef, M., & El-Shafie, M. (2020). Multifaceted perspective on North American urban development. *Frontiers of Architectural Research*, 9(2), 467-483.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.12.006>
- Koch, J., Dorning, M. A., Van Berkel, D., Beck S., Sanchez, G., Shashidharan, A., Smart, L., Zhang, Q., Smith, J. & Meentemey, R. (2019). Modeling landowner interactions and development patterns at the urban fringe. *Paisajismo y Urbanismo*, 182, 101-113.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.09.023>

- Lal, K., Kumar, D., & Kumar, A. (2017). Spatio-temporal landscape modeling of urban growth patterns in Dhanbad Urban Agglomeration, India using geoinformatics techniques. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 20 (1), 91-102. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2017.01.003>
- Li, L., Sato, Y., & Zhu, H. (2003). Simulando la expansión urbana espacial basada en un proceso físico. *Paisajismo y Urbanismo*, 64 (1-2), 67-76. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204602002013>
- Li, X., Zhang, L., & Liang, C. (2010). A GIS-based buffer gradient analysis on spatiotemporal dynamics of urban expansion in Shanghai and its major satellite cities. *Procedia Environmental Sciences*, 2, 1139-1156. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2010.10.123>
- Liao, J., Tang, L., Shao, G., Su, X., Chen, D., & Xu, T. (2016). Incorporation of extended neighborhood mechanisms and its impact on urban land-use cellular automata simulations. *Environmental Modelling & Software*, 75. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.10.014>
- Linares, S. (2012). Aportes de la ecología urbana y modelos neoclásicos para analizar la diferenciación socioespacial en ciudades medias bonaerenses: Pergamino, Olavarría y Tandil (2001). *Huellas* (16), 13-35. <http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/pubpdf/huellas/v16a03linares.pdf>
- Magidi, J., & Ahmed, F. (2019). Assessing urban sprawl using remote sensing and landscape metrics: A case study of City of Tshwane, South África (1984–2015). *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 22(3), 35-346. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2018.07.003>
- Mahmoud, H., & Divigalpitiya, P. (2019). Spatiotemporal variation analysis of urban land expansion in the establishment of new communities in Upper Egypt: A case study of New Asyut city. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 22(1), 59-66. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2018.03.006>
- Malarvizhi, K., Kumar, V., & Porchelvan, P. (2016). Use of High Resolution Google Earth Satellite Imagery in Landuse Map Preparation for Urban Related Applications. *Procedia Technology*, 24, 1835-1842. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.05.231>
- Martínez Carazo, P. C. (2006). El método de estudio de caso: estrategia metodológica de la investigación científica. *Pensamiento & Gestión* (20), 165-193. [https://www.google.com/search?rlz=1C1CHBD\\_esCO837CO837&ei=pLYHXdH1D-HU5gL5l7mYCW&q=estudio+caso+%2Cmetodologia+de+investigacion&oq=estudio+caso+%2Cmetodologia+de+investigacion&gs\\_l=psy-ab.3..0i8i7i30j0i8i30l3.5662.8221..8597...0.0..0.358.2180.0j13j0j1....](https://www.google.com/search?rlz=1C1CHBD_esCO837CO837&ei=pLYHXdH1D-HU5gL5l7mYCW&q=estudio+caso+%2Cmetodologia+de+investigacion&oq=estudio+caso+%2Cmetodologia+de+investigacion&gs_l=psy-ab.3..0i8i7i30j0i8i30l3.5662.8221..8597...0.0..0.358.2180.0j13j0j1....)
- Martínez, R. J. (2011). Métodos de Investigación Cualitativa. SILOGISMO. *Revista de la Corporación Internacional para el Desarrollo Educativo*, 2-34. <http://www.cide.edu.co/doc/investigacion/3.%20metodos%20de%20investigacion.pdf>
- Martínez, Salgado, C. (2012). El muestreo en investigación cualitativa. Principios básicos y algunas controversias. *Ciência & Saúde Coletiva*, 17(3), 613-619. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-81232012000300006>

- Mendoca, R., Roebeling, P., Martins, F., Fidélis, T., Teotónio, C., Alves, H., & Rocha, J. (2020). Assessing economic instruments to steer urban residential sprawl, using a hedonic pricing simulation modelling approach. *Política de uso del suelo*, 92. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104458>
- Mishra, P., Rai, A., & Rai, S. (2019). Land use and land cover change detection using geospatial techniques in the Sikkim Himalaya, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2019.02.001>
- Parry, J., Ganaie, S., & Bhat, M. (2018). GIS based land suitability analysis using AHP model for urban services planning in Srinagar and Jammu urban centers of J&K, India. *Journal of Urban Management*, 7(2), 46-56. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jum.2018.05.002>
- Paydar, M., & Rahimi, E. (2018). Determination of urban sprawl's indicators toward sustainable urban development. *Smart and Sustainable Built Environment*, 7 (3-4), 293-308. DOI: 10.1108/SASBE-03-2017-0010
- Perea, M., Navarro, E., & Luque, A. (2018). Inteligencia Territorial Conceptualización y Avance en el Estado de la cuestión. Vínculos posibles con los Destinos Turísticos. *Cuadernos de Turismo-Universidad de Murcia*, 535-554. DOI: <http://dx.doi.org/10.6018/turismo.41.327141>
- Piraquive, F., García, V., & Rodríguez, L. L. (2016). Knowledge management in the territorial intelligence. *Seek digital library*, 96-99. DOI: 10.15224/978-1-63248-113-9-62.
- Plata, W., Gómez, M., & Bosque, J. (2011). Simulating Urban Growth Scenarios Using GIS and Multicriteria Analysis Techniques: A Case Study of the Madrid Region, Spain. *Environment an planning B: Urban Analytics and City Science*, 38 (6), 1012-1031. DOI: <https://doi.org/10.1068/B37061>
- Pontarollo, N., & Mendieta, R. (2020). Land consumption and income in Ecuador: A case of an inverted environmental Kuznets curve. *Ecological Indicators*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105699>
- Poyil, R., & Misra, A. (2015). Urban agglomeration impact analysis using remote sensing and GIS techniques in Malegaon city, India. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 4(1), 136-144. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2015.02.006>
- Rawat, J., Biswas, V., & Kumar, M. (2013). Changes in land use/cover using geospatial techniques: A case study of Ramnagar town area, district Nainital, Uttarakhand, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 16(1), 111-117. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2013.04.002>
- Reyes, P., Hernández, & Hernández, A. (2008). El Estudio de Caso en el contexto de la Crisis de la Modernidad. *Cinta Moebio-Revista de Epistemología de Ciencias Sociales*, 32, 70-89. <http://www.facso.uchile.cl/publicaciones/moebio/32/reyes.html>
- Seto, K., Fragkias, M., Guneralp, B., & Reilly, M. (2011). A Meta-Analysis of Global Urban Land Expansion. *PLOS ONE A Peer-Reviewed, Open Access Journal*, 6 (8). DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023777>

Siddiqui, A., Siddiqui, A., Maithani, S., Jha, A., Kumar, P., & Srivastav, S. (2018). Urban growth dynamics of an Indian metropolitan using CA Markov and Logistic Regression. *El diario egipcio de teledetección y ciencia espacial*, 21 (3), 229-236. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2017.11.006>

### **Condiciones físico-funcionales ecológicas y ambientales**

Alcaldía Municipal de Soacha. (2017). Documento técnico de soporte DTS Componente Rural.

Alcaldía Municipal de Soacha. (2019). Documento Gestión del Riesgo y Cambio Climático. Soacha.

Alcaldía Municipal de Soacha. (2019). DTS Componente Rural. Plan de Ordenamiento Territorial. Soacha. Recuperado el 17 de mayo de 2020

Alcaldía Municipal de Soacha. (2021). Información de Productores Bosatama. Recuperado el 13 de septiembre de 2021.

Almeida, A. (2019). Multi actor multi criteria analysis (MAMCA) as a tool to build indicators and localize sustainable development goal 11 in Brazilian municipalities. *Heliyon*, 5 (8), 1-10.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02128>

Arango, C. (2014). *Andarríos Solitario-Tringa solitaria. Tringa solitaria. Solitary Sandpiper*. Cali, Colombia. [https://www.icesi.edu.co/wiki\\_aves\\_colombia/tiki-index.php?page=Andarr%C3%ADos+Solitario+-+Tringa+solitaria](https://www.icesi.edu.co/wiki_aves_colombia/tiki-index.php?page=Andarr%C3%ADos+Solitario+-+Tringa+solitaria)

Ariza, W., Carvajal, J., & Hernández, A. (2010). Soacha Diversa. Alcaldía Municipal de Soacha y Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Primera Edición). Bogotá, D.C. Policromía Digital. [https://issuu.com/jpintoz/docs/2010\\_ariza\\_et\\_soachabiodiv-carflfaumpiosoacmca\\_udf](https://issuu.com/jpintoz/docs/2010_ariza_et_soachabiodiv-carflfaumpiosoacmca_udf)

Bautista, A. F., & Pérez, L. A. (20 de abril de 2018). Diagnostico Base para el Análisis Histórico Ambiental en el Municipio de Soacha. Proyecto Enmarcado dentro de la Convocatoria No. 11-2015 El Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico-CID. Bogotá D.C, Colombia. <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/13068/1/P%C3%A9rezV%C3%A1squezLuisAugusto2018.pdf>

Bernal, D. (29 de septiembre de 2011). *Ibis cara roja en el humedal Santa María del Lago*. Bogotá, D.C, Colombia. <https://humedalesbogota.com/2011/09/29/ibis-cara-roja-en-el-humedal-santa-maria-del-lago/>

Cataño, D. (2009). Documento Línea Base. Asesoría y Acompañamiento al Departamento de Cundinamarca estratégicamente en la gestión Interinstitucional del Proyecto de Definición de una Línea Base para el Estudio Prospectivo del Municipio de Soacha. Instituto de Estudios Urbanos.  
[http://www.institutodeestudiosurbanos.info/dmdocuments/cendocieu/coleccion\\_digital/Crecimiento\\_Urbano\\_Soacha/Asesoria\\_Acompañamiento\\_Soacha-Catano-Diego-2009.pdf](http://www.institutodeestudiosurbanos.info/dmdocuments/cendocieu/coleccion_digital/Crecimiento_Urbano_Soacha/Asesoria_Acompañamiento_Soacha-Catano-Diego-2009.pdf)

CENSAT Agua Viva - Amigos de la Tierra Colombia. (s.f.). *Acercamiento preliminar a los contextos geográfico y ecológico del municipio de Suacha*.  
<https://censat.org/es/noticias/acercamiento-preliminar-a-los-contextos-geografico-y-ecologico-del-municipio-de-suacha>

- City Tv (07 de septiembre de 2019). Facebook Oficial City Tv. Incendio en la hacienda Chucua Vargas: <https://www.facebook.com/citytv.com.co/videos/incendio-en-la-hacienda-chucua-vargas/953539614992395/>
- City Tv (21 de septiembre de 2019). Hacienda La Chucuita, un tesoro que perteneció a Manuelita Sáenz (C. TV, Ed.) Soacha, Cundinamarca, Colombia: El tiempo. <https://www.facebook.com/eltiempo/videos/hacienda-la-chucuita-un-tesoro-que-perteneci%C3%B3-a-manuelita-%20s%C3%A1enz/2274658032661528/?redirect=false>
- Comunidad Naturalista (SF). *Burnsius adepta*. *Burnsius adepta*. <https://colombia.inaturalist.org/taxa/257768-Pyrgus-adepta>
- Comunidad Naturalista (SF). *Hemiargus hanno ssp. bogotana*. *Hemiargus hanno ssp. Bogotana*
- Contraloría Municipal de Soacha (2019). Informe Anual del Estado de los Recursos Naturales y Ambiente del Municipio de Soacha. Soacha. [https://contraloriadesoacha.micolombiadigital.gov.co/sites/contraloriadesoacha/content/files/000327/16318\\_informe-del-estado-de-los-recursos-naturales-y-del-ambiente-del-municipio-soacha-2018.pdf](https://contraloriadesoacha.micolombiadigital.gov.co/sites/contraloriadesoacha/content/files/000327/16318_informe-del-estado-de-los-recursos-naturales-y-del-ambiente-del-municipio-soacha-2018.pdf)
- Corporación Autónoma regional (2017). Bogotá del índice de Calidad del Agua en Corrientes Superficiales "ICA" 2017 I. Bogotá, D.C: CAR. <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ada16c1886b5.pdf>
- Corporación Autónoma Regional -CAR. (24 de abril de 2018). AUTO DRSOA No. 0487. Por medio del cual se ordena el archivo de una diligencia preliminar y se adoptan otras determinaciones. Soacha, Colombia. <https://www.car.gov.co/uploads/files/5b90344f94f63.pdf>
- Corporación Autónoma Regional- CAR. (s.f.). Observatorio de agendas interinstitucionales y conflictos ambientales. <http://oaica.car.gov.co/vercaso2.php?id=164>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística- DANE. (2005). Censo General 2005. Bogotá D.C. [https://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL\\_PDF\\_CG2005/25754T7T000.PDF](https://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/25754T7T000.PDF)
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. (2018). Resultados Preliminares del Centro Nacional de población y vivienda 218. Resultado preliminar con cobertura del 99,8%, Bogotá, D.C. <https://www.dane.gov.co/files/censo2018/informacion-tecnica/resumen-2da-entrega-CNPV-preliminar.pdf>
- Departamento Nacional de Estadística (DANE) (2018). Censo Nacional de población y Vivienda Colombia- Explorador de Datos. <https://sitios.dane.gov.co/cnpv/#/>
- Empresas de Servicios Públicos de Medellín-EPM. (2012). Capítulo 3.4 Medio Socioeconómico. Cundinamarca, Soacha. [https://www.epm.com.co/site/portals/0/documentos/Nueva%20Esperanza/CAP\\_3.4.pdf](https://www.epm.com.co/site/portals/0/documentos/Nueva%20Esperanza/CAP_3.4.pdf)
- Escobar Moreno, J. E. (13 de febrero de 2013). *Curies en los humedales de Bogotá. El Cavia anolaimae*. Bogotá, Colombia. <https://humedalesbogota.com/2013/02/27/curies-en-los-humedales-de-bogota/>

- Escobar Moreno, J. E. (06 de octubre de 2014). Fundación Humedales Bogotá. *La Monjita bogotana*. Bogotá, D.C, Colombia.  
<https://humedalesbogota.com/2014/10/06/la-monjita-bogotana/>
- Escobar Moreno, J. E. (17 de junio de 2014). Fundación Humedales Bogotá. Las Tinguas en los Humedales de Bogotá. Bogotá, Colombia.  
<https://humedalesbogota.com/2014/06/17/las-tinguas-en-los-humedales-de-bogota/>
- Forero Acosta, G. (2015). Caracterización físico-química y microbiológica del agua del río Soacha, Cundinamarca, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(2), 119-144.  
<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:tk2Q52LvU8J:https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1410+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co>
- Gómez Duque, D. C. (2019). *Diagnóstico de impactos ambientales generados por la expansión urbana en el municipio de Soacha Cundinamarca* [Tesis de pregrado] Bogotá, D.C. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/27357/%20dgomezdu.pdf;jsessionid=DC7FE40BAA3152A4C6990924E7A59C08.jvm1?sequence=3>
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (1765). Repositorio Institucional de Documentación Científica. Mariposa Tatochila xanthodice. Bogotá D.C.  
<http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/6536>
- Merchán, C. L. (2017). *Evaluación de la gestión del riesgo por remoción en masa en Rafael Uribe Uribe*. Bogotá, D.C, Colombia.  
<https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/7625>
- Ministerio de Minas y Energía Servicio Geológico Colombiano (2013). *Zonificación Geomecánica y Amenaza por Movimientos en Masa en el Municipio de Soacha-Cundinamarca Escala 1:25.000*. (M. d. Colombiano, Ed.) Bogotá, D.C.  
<http://recordcenter.sgc.gov.co/B7/21003002524655/Documento/pdf/2105246551101000.pdf>
- Ministerio de Minas y Energía-Servicio Geológico Colombiano (2012). *Zonificación geomecánica y de amenazas por movimiento en masa en el municipio de Soacha, Cundinamarca, zona urbana y de expansión urbana. Escala 1: 5.000. Volumen I (Vol. I)*. (I. C. 2004-2011, Ed.) Bogotá, D.C.  
<https://catalogo.sgc.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=49120>
- Martínez, D., Rodríguez, M., Herrera, E., Barbosa, H., Mahecha, J., Quintero, L.,... Zúñiga, A. (2015). *Reconocimiento, documentación, registro y divulgación de sitios con arte rupestre del Municipio de Soacha. Project Report*. Fundación Erigaie. Bogotá. <http://openarchive.icomos.org/1704/>
- Morera, A. (2017). *Soacha Rural. Soy Soacha*. Com. Soacha, Colombia.  
[http://aprendizajeinteractivo.com.co/sitio/img/proyecto4/rural\\_pdf](http://aprendizajeinteractivo.com.co/sitio/img/proyecto4/rural_pdf)

- Murillo, A., Robayo, & Mahecha, O. (2018). Mariposas asociadas a humedales en el municipio de Soacha, Cundinamarca, Colombia (Lepidoptera: Papilionoidea). *Revista de Lepidopterología*, 46 (182), 1-22.  
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/455/45559600003/html/index.html>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO (2010). *Análisis de los sistemas de producción agrícola de las provincias de Soacha y Sumapaz, Cundinamarca*. Bogotá, D.C.  
[https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/5/12833612506700/re\\_analisis\\_sistemas\\_prod\\_cmarca.pdf](https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/5/12833612506700/re_analisis_sistemas_prod_cmarca.pdf)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura FAO (2013). *Tecnologías para el uso sostenible del agua. Honduras*.  
<http://www.fao.org/3/i3442s/i3442s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO (2018). *Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible del suelo en áreas rurales*. Bogotá, Colombia. [https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/suelo/Guia\\_de\\_buenas\\_practicas\\_para\\_la\\_gestion\\_y\\_uso\\_sostenible\\_de\\_los\\_suelos\\_en\\_areas\\_rurales.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/suelo/Guia_de_buenas_practicas_para_la_gestion_y_uso_sostenible_de_los_suelos_en_areas_rurales.pdf)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2011). *Fortalecimiento y desarrollo de la Agricultura Familiar en El Salvador*. Salvador. <http://www.fao.org/climatechange/30313-0b51d1564a8537a818004c8c00c17e2aa.pdf>
- Periodismo Público (2014 de noviembre de 2014). Periodismo Público.com. Domingo de caminata al humedal Chucua Puyana de Soacha: <https://periodismopublico.com/domingo-de-caminata-al-humedal-chucua-puyana-de-soacha>
- Periodismo Público (8 de septiembre de 2019) PeriodismoPúblico.com. (PeriodismoPúblico.com, Ed.), ¿Quién le prendió fuego a la Casona de la Hacienda Ogamora o Chucua Vargas en Soacha?  
<https://periodismopublico.com/quien-le-prendio-fuego-a-la-casona-de-la-hacienda-ogamora-o-chucua-vargas-en-soacha>





# Estado de la medición de los indicadores geográficos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Uruguay

## State of the measurement of the geographical indicators of the Sustainable Development Goals in Uruguay

Rosario Casanova<sup>1</sup>

Agustín Acuña<sup>2</sup>

Paula Teperino<sup>3</sup>

Fecha de recibido: 28 de marzo de 2022

Fecha de aceptado: 2 de junio de 2022

### Resumen

La investigación objeto de este artículo se enmarca en un curso de investigación brindado para las carreras universitarias de Ingeniero agrimensor y de Tecnólogo en cartografía de la Universidad de la República, Uruguay. El objetivo de la investigación era incursionar sobre la medición de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Uruguay; en particular, se plantea analizar los indicadores con componente geográfico.

Para dar cumplimiento a esta propuesta, ha sido necesario realizar una comprensión y análisis detallado de los indicadores con componente espacial y sus correspondientes guías metodológicas internacionales propuestas por la Organización de las Naciones Unidas (ONU). Complementariamente, se realiza un abordaje nacional sobre los ODS, identificando las instituciones responsables y vinculadas, para con ello, realizar un análisis comparativo

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería, Instituto de Agrimensura, Uruguay, correos electrónicos: [casanova@fing.edu.uy](mailto:casanova@fing.edu.uy), [rosario.casanova@gmail.com](mailto:rosario.casanova@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1873-207X>

<sup>2</sup> División de Cartografía Náutica, Servicio de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología de la Armada de Uruguay, Montevideo, Uruguay, correo electrónico: [agustin.acunapi@gmail.com](mailto:agustin.acunapi@gmail.com)

<sup>3</sup> Instituto de Agrimensura, Universidad de la República, Uruguay, Montevideo, Uruguay, correo electrónico: [paulateperino98@gmail.com](mailto:paulateperino98@gmail.com)

entre la propuesta de dichas guías y la metodología empleada en nuestro país. Particularmente, se realizó la medición de algunos indicadores geográficos para una región del país.

Esta propuesta pedagógica ha permitido visualizar el posicionamiento de Uruguay frente a la medición de dichos indicadores mediante los resultados obtenidos, así como por los debates e intercambio de opiniones entre los estudiantes y docentes a cargo con base en la revisión de literatura, análisis crítico, aplicación de procedimientos y lecciones aprendidas a lo largo del curso.

Palabras clave: *Información Geográfica, ODS, UN-GGIM, indicadores, Uruguay.*

## Abstract

The research object of this article is part of a research course offered for the university careers of Surveyor Engineer and Cartography Technologist at the University of the Republic, Uruguay. The objective of the research was to explore the measurement of the Sustainable Development Goals (SDGs) in Uruguay. In particular, we propose to analyze the indicators with a geographic component.

To comply with the proposal, It has been necessary to understand and analyze in detail those indicators with a spatial component and their international methodologic guides proposed by United Nations. In addition, a national approach about SDGs is done, identifying the responsible and linked institutions to make a comparative analysis between the proposal of the guides and the methodology that is used by our country. Particularly, It did the measure of some geographic indicators to of a country region.

This pedagogic proposal has allowed visualizing the position of Uruguay in front of the measure of these indicators by the obtained results and also, by the debates and opinion exchange between students and teacher in charge, based on the literature revision, critic analysis, implementation of procedures and learned lessons all along the course.

Key words: *Geographic Information, SDGs, UN-GGIM, indicators, Uruguay.*

## 1. Introducción

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) están conformados por un sistema de objetivos, metas e indicadores que cuentan con la aprobación y compromiso de utilización por parte de los Estados miembros de la Organización de las Naciones Unidas (ONU). Cabe destacar la importancia del uso de estos indicadores, ya que su principal objetivo es que permitan enmarcar las políticas nacionales e internacionales de desarrollo (Vandecandelaere *et al.*, 2021). Los ODS abarcan una agenda amplia que

incluye aspectos sociales, ambientales y económicos del desarrollo sostenible, pertinentes para todos los países del mundo. Se han establecido 17 objetivos, con 169 metas que incluyen asuntos críticos a nivel mundial, como son: pobreza extrema, cambio climático, desigualdad, implementación de políticas de urbanización y de desarrollo sostenibles y sustentables, protección de ecosistemas naturales y desarrollo de sociedades pacíficas e inclusivas. Para poder realizar un monitoreo de los logros obtenidos a nivel nacional se elaboraron 231 indicadores (Naciones Unidas, 2021), lo que permite seguir la evolución en cada país y entre ellos. Varios de estos indicadores tienen un fuerte componente geográfico ya que tienen un vínculo directo con el territorio.

En el marco de un curso de investigación realizado por la Cátedra de Geomática del Instituto de Agrimensura, y llevado a cabo por estudiantes de las carreras universitarias de Agrimensura y de Cartografía de la Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, con el fin de conocer el cumplimiento de los ODS en Uruguay; se plantea analizar aquellos indicadores con componente geográfico.

Respecto a la situación actual de los ODS en Uruguay, el gobierno, en su conjunto, ha asumido el compromiso de llevar adelante sus políticas públicas para avanzar en cada uno de ellos hacia el año 2030. Siguiendo esta línea, de acuerdo a lo citado en la propia página web de la Agencia Uruguaya de Cooperación Internacional:

la Oficina de Planeamiento y Presupuesto (OPP) es responsable del monitoreo y articulación de las acciones asociadas a los ODS; la Agencia Uruguaya de Cooperación Internacional (AUCI) está a cargo de los asuntos que se relacionan con la cooperación internacional; y el Instituto Nacional de Estadística (INE) se ocupa de la elaboración y relevamiento de indicadores.

## **2. Metodología**

La investigación objeto del presente artículo se llevó adelante en dos módulos académicos por lo que se pueden definir claramente dos fases interconectadas.

En la Figura 1, se puede visualizar el diagrama de actividades realizadas en la primera etapa.

Para dar comienzo a la investigación, los estudiantes debieron incursionar en el estudio de los ODS junto con sus metas e indicadores. Lo que les permitiría identificar aquellos indicadores con componente geográfico con base en los conocimientos y herramientas adquiridas en la formación académica previa (en particular a los distintos cursos referidos al área de Geomática), así como utilizando las tablas de indicadores geográficos

establecidos por el “Grupo interinstitucional y de expertos sobre indicadores de los ODS” del Comité Regional de las Naciones Unidas sobre la Gestión Global de Información Geoespacial (UN-GGIM).<sup>1</sup>



**Figura 1.** Diagrama de actividades realizadas en la primera etapa del proyecto.

Fuente: elaboración propia.

Analizando los 231, se concluye que un total de 48, presentan componente geoespacial, de manera explícita o implícita. Mediante este análisis, se evaluó si aquellos indicadores que presentan componente geoespacial

<sup>1</sup> <http://www.ggim.un.org>

están siendo medidos en el país, y en caso de estarlo, se analizó si se usan las Guías Metodológicas Internacionales que sugiere Naciones Unidas o se miden siguiendo otra propuesta. Se procedió a estudiar sus respectivas guías metodológicas para conocer la propuesta de Naciones Unidas para la medición de cada uno y se analizó su aplicabilidad a nuestro país. Dichos insumos han sido fundamentales para investigar sobre los indicadores geográficos en Uruguay, de qué manera están siendo medidos, y para finalmente, obtener un diagnóstico de la situación actual en el país. Con esta propuesta metodológica, se posibilita que el estudiante genere su propia reflexión y evaluación sobre los procesos de medición de dichos indicadores geográficos en el país.

Con la obtención de los resultados de la situación de medición en Uruguay, según la página “ODS en Uruguay”,<sup>2</sup> a partir de la revisión de los Informes Nacionales Voluntarios (INV) de los años 2017, 2018 y 2019, se analizó el estado de los indicadores que no están siendo medidos, para realizar un análisis crítico de las diferentes formas de medición utilizadas, ya sea mediante la aplicación de la Guía Internacional, o a través de un indicador suplementario.

El uso de estos indicadores suplementarios se explica o bien por la ausencia de datos adecuados para su medición, o, en algunos casos, debido a la necesaria contextualización/adaptación a las realidades nacionales. Los INV utilizan indicadores suplementarios para dar a conocer un reporte de medición nacional, a modo de dar mejor visibilidad a la realidad uruguaya.

En la Tabla 1 se presenta el listado de indicadores geográficos, su correspondiente categoría de niveles de complejidad (TIER) según la tabla elaborada por la Gestión Global de la Información Geoespacial (UN-GGIM, por sus siglas en inglés, 2020), así como la indicación de si se están midiendo en el país siguiendo o no la Guía Metodológica Internacional. Los colores de dicha tabla indican el nivel de medición a nivel nacional, así como la aplicación o no de la guía internacional. El color verde muestra aquellos indicadores que se miden en el país y se utiliza la guía internacional para su elaboración, el amarillo denota que se miden pero no usando la guía, el color rojo muestra que no se están midiendo en el país, y el gris hace referencia a los no aplicables a nuestra realidad.

En una segunda etapa de la investigación, tal como se refleja en el esquema adjunto (Figura 2), se plantea como objetivo la identificación de fortalezas y debilidades de la forma de medición de los indicadores con componente geográfico en Uruguay. Para lo cual, se parte del estudio llevado adelante en la primera fase, y se complementa con el último Informe Nacional Voluntario correspondiente al año 2021.

<sup>2</sup> <https://ods.gub.uy/>

**Tabla 1.** Indicadores con componente espacial

	<i>Indicador</i>	<i>Nivel</i>	<i>¿Se mide en Uruguay?</i>	<i>¿Se usa la guía metodológica internacional?</i>
1.1.1	Proporción de la población que vive por debajo del umbral internacional de pobreza, desglosada por sexo, edad, situación laboral y ubicación geográfica (urbana o rural)	I	Si	Si
1.4.1	Proporción de la población que vive en hogares con acceso a los servicios básicos	I	Si	No
1.4.2	Proporción del total de la población adulta con derechos seguros de tenencia de la tierra que posee documentación reconocida legalmente al respecto y considera seguros sus derechos, desglosada por sexo y tipo de tenencia.	II	No	
1.5.1	Número de personas muertas, desaparecidas y afectadas directamente atribuido a desastres por cada 100.000 habitantes	II	Si	No
2.3.1	Volumen de producción por unidad de trabajo desglosado por tamaño y tipo de explotación (agropecuaria/ganadera/forestal)	II	Si	No
2.4.1	Proporción de la superficie agrícola en que se practica una agricultura productiva y sostenible	II	Si	No
3.9.1	Tasa de mortalidad atribuida a la contaminación de los hogares y del aire ambiente	I	No	
3.9.2	Tasa de mortalidad atribuida al agua insalubre, el saneamiento deficiente y la falta de higiene (exposición a servicios insalubres de agua, saneamiento e higiene para todos (WASH))	I	No	
3.c.1	Densidad y distribución del personal sanitario	I	Si	Si

	<i>Indicador</i>	<i>Nivel</i>	<i>¿Se mide en Uruguay?</i>	<i>¿Se usa la guía metodológica internacional?</i>
4.5.1	Índices de paridad (entre mujeres y hombres, zonas rurales y urbanas, quintiles de riqueza superior e inferior y grupos como los discapacitados, los pueblos indígenas y los afectados por los conflictos, a medida que se disponga de datos) para todos los indicadores educativos de esta lista que puedan desglosarse	II	Si	No
4.a.1	Proporción de escuelas con acceso a: a) electricidad, b) Internet con fines pedagógicos, c) computadoras con fines pedagógicos, d) infraestructura y materiales adaptados a los estudiantes con discapacidad, e) suministro básico de agua potable, f) instalaciones de saneamiento básicas separadas por sexo y g) instalaciones básicas para el lavado de manos (según las definiciones de los indicadores WASH)	II	Si	No
5.2.2	Proporción de mujeres y niñas a partir de 15 años de edad que han sufrido violencia sexual a manos de personas que no eran su pareja en los últimos 12 meses, desglosada por edad y lugar del hecho	II	Si	<b>Si</b>
5.4.1	Proporción de tiempo dedicado al trabajo doméstico y asistencial no remunerado, desglosada por sexo, edad y ubicación	II	Si	<b>Si</b>
5.a.1	a) Proporción del total de la población agrícola con derechos de propiedad o derechos seguros sobre tierras agrícolas, desglosada por sexo; y b) proporción de mujeres entre los propietarios o los titulares de derechos sobre tierras agrícolas, desglosada por tipo de tenencia	II	No	
5.a.2	Proporción de países cuyo ordenamiento jurídico (incluido el derecho consuetudinario) garantiza la igualdad de derechos de la mujer a la propiedad o el control de las tierras	II	Si	Si

	<i>Indicador</i>	<i>Nivel</i>	<i>¿Se mide en Uruguay?</i>	<i>¿Se usa la guía metodológica internacional?</i>
6.1.1	Proporción de la población que utiliza servicios de suministro de agua potable gestionados sin riesgos	II	Si	Si
6.2.1	Proporción de la población que utiliza servicios de saneamiento gestionados sin riesgos, incluidas instalaciones para el lavado de manos con agua y jabón	II	Si	Si
6.3.1	Proporción de aguas residuales tratadas de manera adecuada	II	Si	No
6.3.2	Proporción de masas de agua de buena calidad	II	Si	No
6.4.1	Cambio en el uso eficiente de los recursos hídricos con el paso del tiempo	II	Si	Si
6.4.2	Nivel de estrés hídrico: extracción de agua dulce en proporción a los recursos de agua dulce disponibles	II	Si	Si
6.5.1	Grado de implementación de la gestión integrada de los recursos hídricos (0-100)	II	Si	Si
6.5.2	Proporción de la superficie de cuencas transfronterizas sujetas a arreglos operacionales para la cooperación en materia de aguas	I	Si	Si
6.6.1	Cambio en la extensión de los ecosistemas relacionados con el agua con el paso del tiempo	I	Si	Si
6.a.1	Volumen de la asistencia oficial para el desarrollo destinada al agua y el saneamiento que forma parte de un plan de gastos coordinados por el gobierno	I	No	
6.b.1	Proporción de dependencias administrativas locales que han establecido políticas y procedimientos operacionales para la participación de las comunidades locales en la gestión del agua y el saneamiento	I	Si	Si
7.1.1	Proporción de la población que tiene acceso a la electricidad	I	Si	Si
9.1.1	Proporción de la población rural que vive a menos de 2 km de una carretera transitada todo el año	II	Si	Si

	<i>Indicador</i>	<i>Nivel</i>	<i>¿Se mide en Uruguay?</i>	<i>¿Se usa la guía metodológica internacional?</i>
9.4.1	Emisiones de CO2 por unidad de valor añadido	I	Si	Si
9.c.1	Proporción de la población con cobertura de red móvil, desglosada por tecnología	I	Si	Si
11.1.1	Proporción de la población urbana que vive en barrios marginales, asentamientos informales o viviendas inadecuadas	I	Si	Si
11.2.1	Proporción de la población que tiene fácil acceso al transporte público, desglosada por sexo, edad y personas con discapacidad	II	Si	No
11.3.1	Relación entre la tasa de consumo de tierras y la tasa de crecimiento de la población	II	Si	Si
11.5.1	Número de personas muertas, desaparecidas y afectadas directamente atribuido a desastres por cada 100.000 personas	II	Si	Si
11.5.2	Pérdidas económicas directas en relación con el PIB mundial, daños en la infraestructura esencial y número de interrupciones de los servicios básicos atribuidos a desastres	II	Si	Si
11.6.2	Niveles medios anuales de partículas finas en suspensión (por ejemplo, PM2.5 y PM10) en las ciudades (ponderados según la población)	I	Si	Si
11.7.1	Proporción media de la superficie edificada de las ciudades que se dedica a espacios abiertos para uso público de todos, desglosada por sexo, edad y personas con discapacidad	II	Si	Si
11.7.2	Proporción de personas que han sido víctimas de acoso físico o sexual en los últimos 12 meses, desglosada por sexo, edad, grado de discapacidad y lugar del hecho	II	Si	Si

	<i>Indicador</i>	<i>Nivel</i>	<i>¿Se mide en Uruguay?</i>	<i>¿Se usa la guía metodológica internacional?</i>
11.a.1	Proporción de la población residente en ciudades que aplican planes de desarrollo urbano y regional que tienen en cuenta las previsiones demográficas y las necesidades de recursos, desglosada por tamaño de ciudad	II	Si	Si
13.1.1	Número de personas muertas, desaparecidas y afectadas directamente atribuido a desastres por cada 100.000 personas	II	Si	Si
14.1.1	Índice de eutrofización costera y densidad de detritos plásticos flotantes.	II	No	
14.2.1	Proporción de zonas económicas exclusivas nacionales gestionadas mediante enfoques basados en los ecosistemas	II	No	
14.5.1	Cobertura de las zonas protegidas en relación con las zonas marinas	II	Si	No
15.1.1	Superficie forestal en proporción a la superficie total	I	Si	Si
15.1.2	Proporción de lugares importantes para la biodiversidad terrestre y del agua dulce incluidos en zonas protegidas, desglosada por tipo de ecosistema	I	Si	Si
15.3.1	Proporción de tierras degradadas en comparación con la superficie total	I	Si	Si
15.4.1	Lugares importantes para la biodiversidad de las montañas incluidos en zonas protegidas	I	No	
15.4.2	Índice de cobertura verde de las montañas	I	No	

**Fuente:** Universidad de la República, (2020).

En esta segunda fase se seleccionaron algunos de los indicadores geográficos para llevar adelante su estudio detallado, tanto en lo que refiere a su actual método de medición en el país como a la existencia de suficiente información o pertinencia de aplicabilidad de la Guía Metodológica Internacional (véase Tabla 2).



**Figura 2:** Diagrama de actividades realizadas en la segunda etapa del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

Con el propósito de complementar estas actividades con un abordaje práctico en una región específica del país, se realizó la medición de los indicadores geográficos a escala local en el departamento de Durazno. Región cuyo estudio fue solicitado por el Laboratorio de Aceleración<sup>3</sup> del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Una vez definida el área de estudio, se buscaron los datos y/o información geográfica disponible para medir cada uno de los indicadores seleccionados. Como metodología de análisis se incluyó el estudio crítico y propositivo tanto para los casos en los que se dispone de información geográfica como para los que no. En los casos en los que no se dispone de datos georreferenciados, se realiza un análisis con los datos accesibles, como pueden ser encuestas y reportes locales.

Es importante destacar que en el país se cuenta con diversas fuentes de información geográfica a nivel nacional como el Catálogo Nacional de Datos Abiertos,<sup>4</sup> el Observatorio Ambiental Nacional (OAN)<sup>5</sup> del Ministerio de Ambiente y la Infraestructura de Datos Espaciales de Uruguay (IDE Uy).<sup>6</sup>

<sup>3</sup> <https://www.uy.undp.org/content/uruguay/es/home/blog/2022/primer-ano-del-laboratorio-de-aceleracion-del-pnud-en-uruguay-.html>

<sup>4</sup> <https://catalogodatos.gub.uy/>

<sup>5</sup> <https://www.ambiente.gub.uy/oan/>

<sup>6</sup> <https://www.gub.uy/infraestructura-datos-espaciales/>

**Tabla 2:** Indicadores geográficos seleccionados

2.4.1	Proporción de la superficie agrícola en que se practica una agricultura productiva y sostenible
4.5.1.	Índice de paridad de género ajustado para la tasa de finalización, por sexo, ubicación, quintil de riqueza y nivel de educación
4.a.1.	Proporción de escuelas con acceso a: a) electricidad, b) Internet con fines pedagógicos, c) computadoras con fines pedagógicos, d) infraestructura y materiales adaptados a los estudiantes con discapacidad, e) suministro básico de agua potable, f) instalaciones de saneamiento básicas separadas por sexo y g) instalaciones básicas para el lavado de manos (según las definiciones de los indicadores WASH)
6.2.1.	Proporción de la población que utiliza servicios de saneamiento gestionados sin riesgos, incluidas instalaciones para el lavado de manos con agua y jabón
6.3.2	Proporción de masas de agua de buena calidad
6.4.1.	Cambio en la eficiencia del uso del agua con el tiempo
6.5.1.	Grado de implementación de la gestión integrada de los recursos hídricos (0-100)
6.6.1	Cambio en la extensión de los ecosistemas relacionados con el agua con el paso del tiempo
15.1.1	Superficie forestal en proporción a la superficie total
15.1.2	Proporción de lugares importantes para la biodiversidad terrestre y del agua dulce incluidos en zonas protegidas, desglosada por tipo de ecosistema

**Fuente:** elaboración propia.

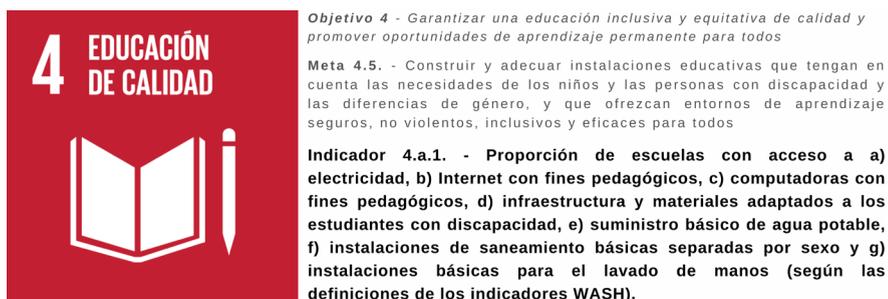
A modo de ejemplo del estudio realizado se presenta el análisis del indicador 4.a.1:

Proporción de escuelas con acceso a a) electricidad, b) Internet con fines pedagógicos, c) computadoras con fines pedagógicos, d) infraestructura y materiales adaptados a los estudiantes con discapacidad, e) suministro básico de agua potable, f) instalaciones de saneamiento básicas separadas por sexo y g) instalaciones básicas para el lavado de manos

Utilizando la información geográfica disponible a nivel nacional y local en el software QGIS.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> <https://www.qgis.org/es/site/>

De la información obtenida en la etapa anterior se sabe que este indicador (4.a.1) está siendo medido en el país pero no se han utilizado las propuestas de medición de la guía internacional.<sup>8</sup> Está clasificado como nivel 2, es decir, “es un indicador claro conceptualmente que tiene una metodología establecida internacionalmente y que hay estándares disponibles, pero los países no producen datos con regularidad.” (Naciones Unidas, 2019).



**Figura 3.** Indicador 4.a.1.

Fuente: Naciones Unidad (ONU, 2022).

Desde el año 2019, Uruguay incluye, en sus Informes Nacionales Voluntarios, la medición de este indicador mediante la aplicación de indicadores suplementarios sin justificar los motivos por lo que difieren de los propuestos en la guía. Uruguay realiza una medición parcial del indicador en estudio, ya que sólo considera la información proveniente de Beneficiarios del Plan Ceibal.<sup>9</sup> Si bien todos los estudiantes del país pueden ser potenciales beneficiarios, la realidad refleja que la mayoría de los usuarios provienen de la educación pública y por lo tanto no representan al universo del modelo educativo uruguayo.

La primera actividad realizada consistió en comprender, con base base en la definición del indicador, cuáles son las variables que lo componen, para así identificar los datos necesarios para su cálculo. En este indicador se requiere conocer los centros educativos y el acceso que cada uno tiene a servicios básicos, según la descripción de Naciones Unidas. El indicador 4.a.1 define los servicios básicos como ayuda para garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad, y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos.

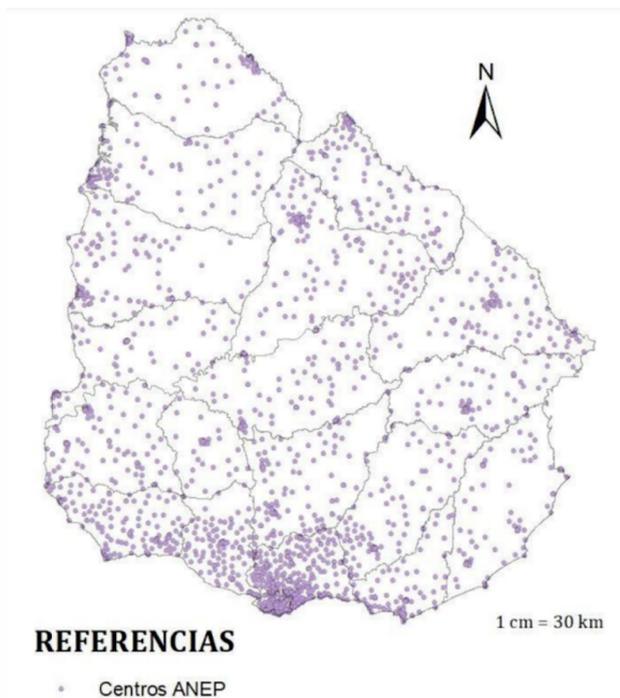
Debido a esto, es necesario realizar un estudio detallado de dichos conceptos incluidos en la guía metodológica internacional del indicador

<sup>8</sup> <https://unstats.un.org/sdgs/metadata/files/Metadata-04-0A-01.pdf>

<sup>9</sup> <https://www.ceibal.edu.uy/es/articulo/como-se-determina-que-una-persona-es-beneficiaria>

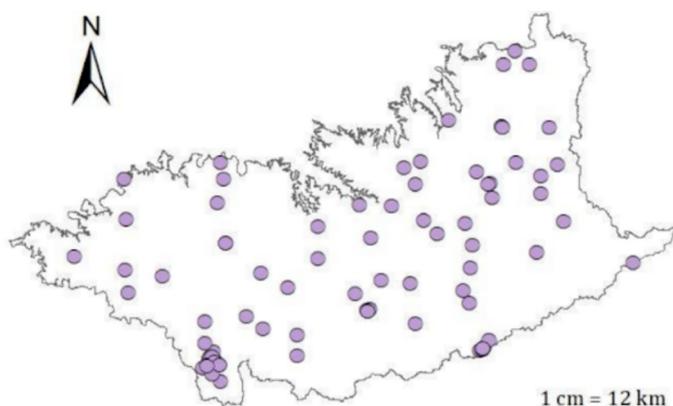
para una mejor comprensión del objeto investigado. Se hace una propuesta inicial de las capas de información requeridas para satisfacer la medición, en la que se incluyen: la localización de todos los centros educativos, así como información específica para cada centro, como son: acceso a internet, electricidad, saneamiento y agua potable, existencia de instalaciones sanitarias (incluyendo lavado de manos y construcciones que permiten separación por sexo) e infraestructura que permita el acceso a personas discapacitadas. Además de estos servicios vinculados a lo edilicio, se requiere información sobre la accesibilidad por parte de todos los estudiantes del centro a computadoras, así como materiales adaptados para estudiantes con discapacidad.

En este sentido, para conocer la distribución de los centros educativos en la zona en estudio, se debió identificar la ubicación de los Centros de la Administración Nacional de Educación Pública (ANEP). En la Figura 4 y la Figura 5, se visualiza la distribución de los diferentes centros educativos a nivel país y a nivel local.



**Figura 4.** Ubicación de los distintos Centros ANEP del Uruguay de SIGANEP.

Fuente: elaboración propia.



## REFERENCIAS

- Centros ANEP

**Figura 5.** Ubicación de los Centros ANEP en la zona en estudio.

Fuente: elaboración propia.

Una vez que se dispone de la información georreferenciada de los centros educativos, se comienza la búsqueda de información sobre los recursos y servicios básicos considerados.

De la búsqueda y recopilación de la información requerida se pudo acceder a los siguientes datos:

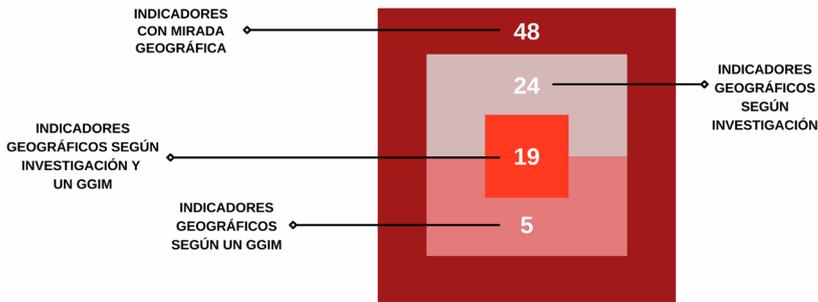
- Centros ANEP,
- Tendido de la red eléctrica,
- Tendido de la red de saneamiento,
- Localización de las tomas de agua potable y de las plantas potabilizadoras,
- Acceso a internet,
- Porcentaje de personas que cuentan con computadora del Plan Ceibal en el hogar a nivel nacional y local,
- Cantidad de estudiantes y docentes de educación primaria y media básica con laptops y tablets del Plan Ceibal.

De la comparación del listado propuesto de insumos necesarios para medir el indicador y la realidad de los datos accesibles en Uruguay, se puede apreciar que dista bastante de lo deseado. Si bien existen portales donde se encuentra la información georreferenciada de los centros de educación pública y de algunos servicios básicos, no se cuenta con toda la información requerida, ya sea porque no ha sido revelada o si existe no está directamente asociada al centro educativo. Por lo que, se puede afirmar que, para el indicador presentado, es posible realizar su medición siguiendo la guía internacional,

simplemente con la implementación de algunos cambios, relativamente sencillos y ágiles, para así contar con los datos requeridos en forma adecuada y actualizada. Un ejemplo de fácil aplicación puede ser el relevamiento de servicios a los inspectores o directores o estudiantes de los centros educativos mediante la realización de una encuesta digital online, asociada a cada centro educativo. Con dichos insumos se construye una base de datos geográfica donde cada centro educativo tiene asociada la información requerida, lo que posibilitará no sólo construir este indicador, sino también realizar otros análisis espaciales cruzando con otras capas no requeridas, que redundará en un apoyo a mejores tomas de decisiones y por tanto mejores políticas públicas en pro de alcanzar los ODS y gestionar más eficientemente el territorio.

### 3. Discusión y conclusiones

Del análisis de los 231, el equipo de investigación entiende que 48 de ellos incluyen una mirada geográfica. Para lo cual se ha tomado como insumo la lista de los 24 indicadores geográficos propuestos por UN-GGIM a los que se le han sumado otros 24 indicadores que, a juicio del equipo de investigación, incluyen la mirada geoespacial. Tal como se representa en la siguiente Figura 6.

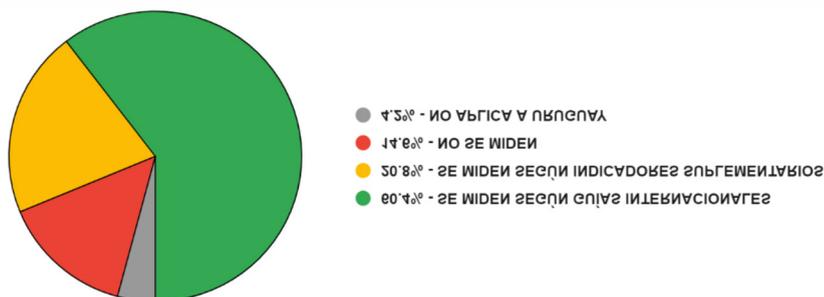


**Figura 6.** Situación de indicadores con componente espacial. Fuente: Elaboración propia.

En este sentido, de los 48 indicadores geográficos, en Uruguay, aproximadamente el 60% se mide según la propuesta incluida en las Guías Metodológicas Internacionales, el 21% se mide utilizando otros indicadores suplementarios, casi un 15% no se miden y, aproximadamente, un 4% del total refieren a indicadores que no aplican a la realidad del país (Figura 7).

De este análisis se puede afirmar que de los indicadores geográficos aplicables a nuestro país se están midiendo más del 86%, de los cuales 66% siguen la propuesta metodológica de la guía internacional. Si bien, son números altos los que se están midiendo según la guía preocupa el 20% que

no lo hacen, ya que, al usar otras variables y métodos de medición propios del país, imposibilita un estudio comparativo entre naciones. De todas formas, estos números nos dejan en muy buenas condiciones para realizar un verdadero seguimiento y monitoreo de los resultados de las políticas públicas. Del estudio multitemporal de estos indicadores, se puede analizar la eficacia de las intervenciones públicas sobre el territorio, así como identificar aquellas zonas donde los resultados no son lo esperado y, por tanto, servir de señal de alerta para el ajuste de los planes aplicados.



**Figura 7.** Situación de indicadores con componente geoespacial.

Fuente: Universidad de la República (2020).

Por lo que es muy importante que se tome conciencia de la relevancia de contar con un observatorio de indicadores geográficos, lo que redundará en una comprensión de los resultados de las políticas públicas. Solo el hecho de contar con datos aislados ya sea del Catálogo Nacional de Datos Abiertos, de OAN e de IDEUy no es suficiente para abordar un monitoreo de los ODS. Se debería contar un monitoreo geoespacial de los indicadores geográficos, en los que además de permitir la visualización de sus valores en diferentes regiones, posibilitará el análisis espacial con otras variables territoriales, tal vez no constitutivas del indicador, pero si altamente relevantes a la hora de diseñar y/o ajustar políticas públicas (Vandecandelaere *et al.*, 2021).

En lo que refiere a la disponibilidad de la información geográfica, se destaca la gran transparencia y organización de los datos que son requeridos para realizar estas mediciones, lo que facilita el acceso a la información para todo el público interesado.

Por otro lado, en lo que se refiere al estudio a escala local, se puede afirmar que, a pesar de que el país está midiendo varios indicadores mediante suplementarios, sí cuenta con los datos requeridos para aplicar las guías metodológicas internacionales. Tal como se expuso con la medición del indicador presentado para el departamento de Durazno.

Una de las mayores fortalezas con las que cuenta nuestro país es el hecho de disponer de un gran número de datos georreferenciados, un vínculo real entre los datos geográficos y estadísticos, además de un parcelario catastral que cubre todo el territorio nacional.

De todas formas, se han detectado algunas debilidades para que efectivamente se puedan medir los indicadores geográficos aplicando las guías internacionales. Hecho que puede ser mejorado con una reestructura de los datos geográficos, una infraestructura de datos espaciales que efectivamente integre todos los datos nacionales y locales. Es por ello, que se hace imprescindible el reconocimiento de la importancia de los datos georreferenciados actualizados como apoyo a la correcta toma de decisiones, en particular para definir o ajustar políticas públicas tendientes a alcanzar los ODS.

Finalmente, como análisis de la propuesta educativa, se puede afirmar que la realización del análisis descriptivo, comparativo y propositivo de los indicadores con componente geográfico en Uruguay, ha permitido que los estudiantes incursionen en el conocimiento y aplicación de varios aspectos académicos. Particularmente, se destaca la comprensión de las variables constitutivas de cada indicador, la inclusión de la mirada geográfica a cada variable, el conocimiento de las distintas fuentes de datos geográficos accesibles, así como sobre las diversas actividades y desarrollos que se están llevando a cabo en el país a la hora de implementar los ODS y su medición. Adicionalmente, el proceso de aprendizaje con énfasis en la investigación ha permitido el desarrollo y fortalecimiento de ciertas habilidades que aportan beneficios a la formación académica y personal de cada estudiante.

## Referencias

- Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Estadística (2021,12,7) *Indicadores Objetivos de Desarrollo Sostenible*. [https://unstats.un.org/sdgs/indicators/Global%20Indicator%20Framework\\_A.RES.71.313%20Annex.Spanish.pdf](https://unstats.un.org/sdgs/indicators/Global%20Indicator%20Framework_A.RES.71.313%20Annex.Spanish.pdf)
- Vandecandelaere, E., Samper, L. F., Rey, A., Daza, A., Mejía, P., Tartanac, F. and Vittori, M. (2021). The Geographical Indication Pathway to Sustainability: A Framework to Assess and Monitor the Contributions of Geographical Indications to Sustainability through a Participatory Process. *Sustainability*, 13 (14), 7535.
- Acuña, A. A., Perrone, A. P., Peula, C. P., Reyna, E. R. and Teperino, P. T. (2021). *Análisis propositivo de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Uruguay, con foco en los indicadores geográficos*. Universidad de la República.
- Calboli, I. and Marie-Vivien, D. (2018). *One size does not fit all: The roles of the state and the private sector in the governing framework of geographical indications*.

- Camargo Castellanos, C. J. (2020) *Análisis y generación de información geográfica para apoyo al cálculo de indicadores de desarrollo sostenible a partir de fuentes no tradicionales de información.*
- Casanova, R. C. (2022). *Education on the Geographic Indicators of the Sustainable Development Goals in Uruguay.* Fédération Internationale des Géomètres (FIG).
- CEPAL, N. (2021). *Recomendaciones institucionales y metodológicas para la medición de indicadores ODS relacionados con desastres y con el Marco de Sendai para la reducción del riesgo de desastres.* Grupo de Trabajo sobre la Medición y Registro de Indicadores Relativos a la Reducción del Riesgo de Desastres en América Latina y el Caribe 2020-2021.
- Cuberos, R. (s/f). *Indicadores para la evaluación del avance de los ODS en Venezuela.* [https://www.researchgate.net/profile/Ricardo-Cuberos/publication/322211944\\_Indicadores\\_para\\_la\\_evaluacion\\_del\\_avance\\_de\\_los\\_ODS\\_en\\_Venezuela/links/5a4bf062458515a6bc6bf3e0/Indicadores-para-la-evaluacion-del-avance-de-los-ODS-en-Venezuela.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ricardo-Cuberos/publication/322211944_Indicadores_para_la_evaluacion_del_avance_de_los_ODS_en_Venezuela/links/5a4bf062458515a6bc6bf3e0/Indicadores-para-la-evaluacion-del-avance-de-los-ODS-en-Venezuela.pdf)
- Gelmini, I. G., Modernel, F. M., Perrone, A. P., Pintos, M. P., Reyna, E. R. and Teperino, P. T. (2020). *Uso de la información geográfica para monitoreo de ODS en Uruguay.* Universidad de la República.
- Geoportal (s/f). Observatorio Ambiental MA. <https://www.ambiente.gub.uy/oan/geoportal/Metadata-06-03-02.pdf> (un.org)
- Giménez, A. (2020). Geographical indications for UN sustainable development goals: intellectual property, sustainable development and M&E systems. *International Journal of Intellectual Property Management*, 10 (2), 113-173.
- Instituto Nacional de Estadísticas, Uruguay (s/f). *Objetivos de Desarrollo Sostenible en Uruguay.* <https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/ine-ods-en-uruguay.pdf>
- Kimura, J. and Rigolot, C. (2021). The potential of geographical indications (GI) to enhance sustainable development goals (SDGs) in Japan: overview and insights from Japan GI Mishima potato. *Sustainability*, 13 (2), 961.
- ODS Uruguay (2021). *Informe Nacional Voluntario Uruguay, 2019.* [https://ods.gub.uy/images/Informe\\_Nacional\\_Voluntario\\_Uruguay\\_2019.pdf](https://ods.gub.uy/images/Informe_Nacional_Voluntario_Uruguay_2019.pdf)
- ODS Uruguay (2021). *Informe Nacional Voluntario Uruguay, 2021.* [https://ods.gub.uy/images/2021/Informe\\_Nacional\\_Voluntario\\_Uruguay\\_2021.pdf](https://ods.gub.uy/images/2021/Informe_Nacional_Voluntario_Uruguay_2021.pdf)
- Oficina de Planeamiento y Presupuesto (2017). *El futuro nos convoca.* <https://ods.gub.uy/>. Recuperado 2022, de <https://ods.gub.uy/>
- Olaya, Victor (2021). *Sistemas de Información Geográfica.* <https://volaya.github.io/libro-sig/index.html>
- UNESCO (2020). *Compendio de Datos sobre el ODS 4 “Cómo utilizar datos de encuestas de hogares para monitorear el ODS 4”.* [http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/sdg\\_4\\_data\\_digest\\_sp-2020.pdf](http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/sdg_4_data_digest_sp-2020.pdf)
- Universidad de la República (2020). *Informe Uso de la información geográfica para monitoreo de ODS en Uruguay.*
- Rodríguez, M. C. P., Pérez, J. A., Rosado, S. G. P., Guaña, E. P. R., Tamayo, C. F. M. and Rivera, L. D. F. (año). *Los sistemas de información geográfica: una herramienta tecnológica para identificar la pobreza.*





# Revista Geográfica

La *Revista Geográfica* es una publicación semestral de la Comisión de Geografía del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), organismo dependiente de la Organización de Estados Americanos (OEA), cuyo primer número fue editado en el año 1941. Constituye un espacio que ha permitido difundir investigaciones geográficas originales e innovadoras centradas esencialmente en América por ya cerca de 80 años.

La *Revista Geográfica* constituye una vitrina en la cual es posible observar y desde la cual es posible difundir las temáticas y principales preocupaciones que tienen implicancias territoriales que afectan directamente a los países americanos, bajo miradas disciplinarias, interdisciplinarias, transdisciplinarias e integradas de la geografía.

## Directrices para autores

Se invita a los autores a comprobar que su envío cumpla con todos los elementos que se muestran a continuación para poder ser considerados para su evaluación y posterior publicación:

- Los Artículos y Reseñas deberán ser originales y no publicados o propuestos para tal fin en otra revista o en cualquier medio de difusión.
- El Artículo deberá ser producto de investigaciones originales e inéditas, empíricas o teóricas, que comuniquen explícitamente progresos en las *áreas del conocimiento geográfico* en que se desarrollan.
- Los Artículos y Reseñas se enviarán a través del Open Journal System (OJS):
- (<https://revistasipgh.org/>).
- El enlace al sitio de la *Revista Geográfica* es:  
<https://revistasipgh.org/index.php/regeo>.
- Es necesario que el autor este registrado de forma correcta y que disponga de nombre de usuario y contraseña. Puede consultar el tutorial para su registro como autor en [https://www.youtube.com/watch?v=ARY6GMCz\\_9I](https://www.youtube.com/watch?v=ARY6GMCz_9I)
- El texto deber cumplir con los criterios de propiedad intelectual antiplagio.
- Para asegurar la evaluación doble ciega de los envíos, el archivo se debe enviar sin datos que permitan la identificación de los autores (no incluir nombre ni afiliación) Los datos de autoría y colaboradores se enviarán en la misma plataforma (OJS), en documento Word por separado con los siguientes campos:
  - Nombres y Apellidos.
  - Afiliación institucional.

- País.
- Contacto (correo electrónico).
- Identificador ORCID (en caso de tenerlo).
- Resumen biográfico.
- Indicar si se trata del contacto principal para la correspondencia editorial.
- Los criterios de aceptación se basarán en la calidad, originalidad, relevancia e importancia que el estudio aportaría a los lectores de la Revista en las *Ciencias Geográficas* en general.
- Los Artículos o Reseñas aceptados se publicarán, a través del portal de la Revista, en el número que corresponda.

### Proceso de evaluación por pares

Producto del proceso de evaluación doble ciego, por pares, existen cuatro dictámenes posibles:

- **Aceptado.** El trabajo será publicado condicionado a modificaciones de forma señaladas oportunamente por el equipo de publicaciones del IPGH.
- **Publicable con modificaciones.** El trabajo podrá ser publicado en atención a las observaciones contenidas en la evaluación de los revisores. Si los autores deciden omitir una observación, deberán justificarlo en un documento complementario al texto. Una vez recibidos los artículos corregidos, tendrán una segunda lectura por parte de los mismos evaluadores o del Equipo Editorial de la Revista, tras la cual se recomendará o no la publicación. Los autores dispondrán de treinta días para responder a las evaluaciones señaladas.
- **Reevaluable.** La evaluación señala que no cumple con los requerimientos necesarios para dictaminarse alguna de las dos situaciones anteriormente señaladas. Los autores deberán implementar las correcciones mayores sugeridas y proceder con una nueva versión para una segunda ronda de evaluación, en los plazos para ello estipulados (treinta días desde la notificación).
- **No publicable.** El manuscrito no cumple con los criterios establecidos por la Revista y/o de la evaluación por pares, según formato de doble ciego.
- En caso de discrepancia en el resultado de las evaluaciones de los pares evaluadores, el artículo será enviado a un tercer árbitro, cuya evaluación dirimirá esta situación.
- En el segundo y tercer caso, los autores deberán considerar las observaciones de los evaluadores y del editor de la Revista antes de que los artículos sean aceptados definitivamente para su publicación. Ello puede suponer la realización de algunas correcciones, tanto formales como de contenido. Los autores deberán enviar, junto con el artículo corregido, un mensaje dirigido al editor justificando cada corrección solicitada u omitida, adjuntando una tabla con el siguiente formato sugerido:

<i>Corrección solicitada</i>	<i>Corregido</i>		<i>Justificación</i>
	<i>Si</i>	<i>No</i>	

En caso de que los autores prescindan de las indicaciones realizadas por los evaluadores y/o no justifiquen adecuadamente la no incorporación de los cambios sugeridos, el artículo podría ser rechazado.

Tras finalizar la evaluación de los revisores, el Equipo Editorial decidirá sobre su aprobación final.

### **Instrucciones para el texto**

Los archivos de texto de Artículos o Reseñas, deberán presentarse en formato Word tamaño carta con 2.5 centímetros de margen en todos los sentidos y con letra Arial 12 puntos.

Los Artículos y Reseñas podrán ser publicados en cualquiera de los idiomas oficiales del IPGH: Castellano, inglés, portugués o francés.

Los envíos deben cumplir con los criterios de uso idiomático y ortografía comúnmente aceptados para trabajos científicos.

Los *Artículos* deberán tener una extensión máxima de 20 páginas, incluyendo figuras, mapas, gráficos, tablas, citas y bibliografía.

La *Revista Geográfica* se adscribe, en lo posible, a la normativa APA para la publicación de artículos científicos (APA Journal Article Reporting Standards – JARS) (<https://apastyle.apa.org/jars>)

Estructura de los Artículos, en lo posible deberían tener la siguiente estructura:

- Título del trabajo en el idioma original, debe ser conciso y sencillo indicando con claridad el respectivo contenido.
- Título del trabajo en el segundo idioma (en inglés para artículos en español, portugués o francés). Para artículos en inglés se indicará el título en castellano.
- Resumen (100-300 palabras). El cual debería incluir de manera sucinta el estado del problema que se está presentando, objetivos, método de estudio, participantes, el área territorial de estudio, hallazgos y las conclusiones.
- Palabras clave (se recomiendan 5 de ellas) en el idioma en que esté redactado el artículo: Para la adecuada selección de las palabras claves se recomienda emplear el Tesoro de la UNESCO - Ciencias de la Tierra.
- Resumen en el segundo idioma, en inglés para artículos en español, portugués o francés (100-300 palabras). Para artículos en inglés se incluirá el resumen en español.
- Palabras claves en el segundo idioma (en inglés para artículos en español, portugués o francés).
- Texto del artículo, con las tablas, figuras, mapas u otros.
- El cuerpo del texto seguirá preferentemente la siguiente estructura:
  - Introducción, donde se debe considerar la descripción del problema, revisión de la bibliografía relevante, hipótesis o supuestos, metas y objetivos.
  - Metodología (datos y métodos).
  - Resultados.
  - Discusión.
  - Bibliografía en formato APA.
- Las figuras, fotografías, mapas, gráficas, cuadros y tablas deberán ubicarse dentro del texto.
- Las imágenes, fotografías y mapas se deben enviar también, por separado en formato JPG, PNG o TIFF, con una resolución mínima de 300 dpi/ppp (o superior de

- acuerdo con el tamaño de la figura) sin compresión y preferentemente a color (a menos que se trate de una representación que originalmente sea en blanco y negro o escala de grises).
- Para la publicación de la versión digital se mantendrán las imágenes a color.
- Para la versión impresa podrían modificarse a escala de grises, siempre que no afecte la correcta comunicación de la información, en particular los mapas.
- Las citas y referencias bibliográficas se harán según las Normas APA. Se debe incluir enlace DOI o enlace web en todos los casos que sea posible.
- Se recomienda el uso de gestores de referencias bibliográficas, como Zotero o Mendeley.
- Las Reseñas tendrán una extensión máxima de 8 000 caracteres con espacios incluidos, y deben incluir la siguiente información:
  - Título de la obra.
  - Nombre y apellidos de los autores del libro (dirección o coordinación, en su caso).
  - Año, ciudad y editorial.
  - Cantidad de páginas.
  - ISBN edición impresa o ISBN edición digital, según corresponda.
  - Nombre del autor de la reseña e institución.
  - Texto de la reseña

### **Derechos de autor**

En relación con los Derechos de autor, la Revista Geográfica se rige por los Estatutos del IPGH y según lo que se establece en el Capítulo V “Derechos de autor y reconocimiento de autoría” del Reglamento de Publicaciones del Instituto.

En lo específico, sobre la publicación de artículos originales en las revistas del IPGH no se reconocerá compensación económica alguna por derechos de autor.

Asimismo, el autor reconoce que al ser aceptado su artículo para ser incluido en cualquier publicación periódica que edita el Instituto, cede los derechos patrimoniales de autor a favor del IPGH y lo autoriza para realizar la publicación de acuerdo con los criterios editoriales y características de impresión vigentes en ese momento.

La Revista Geográfica se adhiere al licenciamiento Creative Commons en la modalidad Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional, lo que implica que los usuarios pueden compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato y adaptar — remezclar, transformar y crear a partir del material.

El IPGH, como licenciador no puede revocar estas libertades mientras se cumpla con los términos de la licencia.

En este sentido, los usuarios, deben cumplir las condiciones siguientes:

- Reconocimiento — Debe reconocer adecuadamente la autoría, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de una manera que sugiera que tiene el apoyo del licenciador o lo recibe por el uso que hace.
- NoComercial — No puede utilizar el material para una finalidad comercial.
- CompartirIgual — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, deberá difundir sus contribuciones bajo la misma licencia que el original.
- No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que legalmente restrinjan realizar aquello que la licencia permite.

El envío de una propuesta para publicación significa que los autores conocen y se adhieren a las condiciones de la Revista Geográfica expresados en estas directrices.

Dudas o comentarios, favor de dirigirse a:

M. Sc. Johana Marcela Norori Solís

Editora

Universidad Nacional Autónoma de Honduras

correos electrónicos:

[revista.geografica@ipgh.org](mailto:revista.geografica@ipgh.org) o [publicaciones@ipgh.org](mailto:publicaciones@ipgh.org)

<https://revistasipgh.org/index.php/regeo>

---

### **Función editorial del Instituto Panamericano de Geografía e Historia**

El IPGH publica seis revistas, impresas y distribuidas desde México. Estas son: *Revista Cartográfica*, *Revista Geográfica*, *Revista Geofísica*, *Revista de Historia de América*, *Antropología Americana* y *Revista de Arqueología Americana*.

Se invita a todos los investigadores y profesionales de las áreas de interés del IPGH: cartografía, geografía, historia, geofísica y ciencias afines, a que presenten trabajos de investigación para que sean publicados en nuestras revistas científicas.

Si requiere mayor información, favor de comunicarse a:

Departamento de Publicaciones

Secretaría General del IPGH

Ex-Arzobispado 29, Colonia Observatorio, 11860 Ciudad de México, México

Tels.: (+52-55) 5277-5888 / 5515-1910

Correo electrónico: [publicaciones@ipgh.org](mailto:publicaciones@ipgh.org)



INSTITUTO PANAMERICANO DE  
**GEOGRAFÍA E HISTORIA**



# Revista **Geográfica**

## CONVOCATORIA

La Comisión de Geografía del  
Instituto Panamericano de Geografía e Historia,

Hace un cordial llamado a investigadores y académicos de la comunidad geográfica a postular artículos para ser publicados en el próximo número de la *Revista Geográfica*:

- Número 166 (fecha límite de recepción: 31 de agosto de 2022)

Los trabajos deberán ser ingresados en el sistema de gestión editorial OJS (Open Journal System) a través de su registro en:

<https://revistasipgh.org/index.php/regeo/about/submissions>

La *Revista Geográfica*, creada desde 1941, tiene actualmente una periodicidad semestral y recibe de manera permanente artículos de investigación, sirviendo como medio de expresión técnico y científico en el área de Geografía y ciencias afines.

<https://revistasipgh.org>

---

Para más información puedes escribir a los correos:  
[revista.geografica@ipgh.org](mailto:revista.geografica@ipgh.org) | [publicaciones@ipgh.org](mailto:publicaciones@ipgh.org)



Edición del  
Instituto Panamericano de Geografía e Historia  
realizada en su Departamento de Publicaciones  
Ex Arzobispado núm. 29, Col. Observatorio  
11860, Ciudad de México, México  
Tels.: 5277-5791 / 5277-5888 / 5515-1910  
[publicaciones@ipgh.org](mailto:publicaciones@ipgh.org)  
2022

**ESTADOS MIEMBROS  
DEL  
INSTITUTO PANAMERICANO DE GEOGRAFÍA E HISTORIA**

**Argentina**

**Belice**

**Bolivia**

**Brasil**

**Chile**

**Colombia**

**Costa Rica**

**Ecuador**

**El Salvador**

**Estados  
Unidos  
de América**

**Guatemala**

**Haití**

**Honduras**

**México**

**Nicaragua**

**Panamá**

**Paraguay**

**Perú**

**República  
Dominicana**

**Uruguay**

**Venezuela**

**EL IPGH, SUS FUNCIONES Y SU ORGANIZACIÓN**

El Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) fue fundado el 7 de febrero 1928 por resolución aprobada en la Sexta Conferencia Internacional Americana que se llevó a efecto en La Habana, Cuba. En 1930, el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos construyó para el uso del IPGH, el edificio de la calle Ex Arzobispado 29, Tacubaya, en la Ciudad de México.

En 1949, se firmó un convenio entre el Instituto y el Consejo de la Organización de los Estados Americanos y se constituyó en el primer organismo especializado de ella.

El *Estatuto Orgánico* del IPGH cita en su Capítulo II, artículo 2, su Misión:

1. Fomentar, coordinar y difundir los estudios pertenecientes a sus áreas de interés, las cuales son Cartografía, Geografía, Historia, Geofísica y las ciencias afines en beneficio de América;
2. Apoyar la iniciativa, innovación y generación de conocimiento en sus áreas de interés, a través de estudios, capacitaciones y trabajos de sus Comisiones;
3. Promover la cooperación interdisciplinaria entre los institutos de América y organizaciones internacionales afines.

Solamente los Estados Americanos pueden ser miembros del IPGH. Existe también la categoría de Observador Permanente, actualmente se encuentran bajo esta condición: España, Francia, Israel, Jamaica y República de Corea.

El IPGH se compone de los siguientes órganos panamericanos:

1. Asamblea General;
2. Autoridades;
3. Secretaría General; y
4. Comisiones.

Además, cada Estado Miembro designa y crea oficialmente una Sección Nacional, órgano establecido para el cumplimiento de la misión, visión y estrategia científica del IPGH en el ámbito nacional, contando para ello con el apoyo financiero de su gobierno.

**Optimización de costos de transporte para el aprovechamiento energético de la biomasa**

Raúl Tauro

José Ezequiel Santibañez-Aguilar

Roberto Rangel Heras

Oscar Antonio Álvarez Galán

José Luis Caballero

Jorge Odent

**“Destrucción creativa” de la red hídrica de Santiago de Cali, Colombia**

Hernando Uribe Castro

**Análisis de evolución espacial de áreas urbanas de la cuenca del río Luján (1990-2010)**

Luis Humacata

**Zonificación de humedales en la planificación urbana**

Eduardo Andrés Torres Lara

Gianni José Leal Parra

**Estrategia para la planificación de territorio rururbano sustentable bajo el enfoque de inteligencia territorial, caso vereda Bosatama Soacha Cundinamarca, Colombia**

Angela María Bernal Sánchez

Yolanda Teresa Hernández Peña

**Información geográfica para el monitoreo de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Uruguay**

Rosario Casanova

Agustín Acuña

Paula Teperino

**ISSN 2663-399X**