



**UNACHI**  
Hombre y cultura para el porvenir

Universidad Autónoma de Chiriquí

# Entornos urbanos: fragilidad ambiental, vulnerabilidad y riesgos naturales



Catalina Elvira Espinosa Vega  
Nohora Inés Carvajal Sánchez  
Pedro Leobardo Jiménez Sánchez  
Ana Isabel Gómez Arauz  
(Coordinadores)

**REIT**  
Red de Estudios e Investigadores sobre el Territorio



# **Entornos urbanos: fragilidad ambiental, vulnerabilidad y riesgos naturales**

**Catalina Elvira Espinosa Vega  
Nohora Inés Carvajal Sánchez  
Pedro Leobardo Jiménez Sánchez  
Ana Isabel Gómez Arauz  
(Coordinadores)**

Entornos urbanos: fragilidad ambiental, vulnerabilidad y riesgos naturales / Catalina Elvira Espinosa Vega, Nohora Inés Carvajal Sánchez, Pedro Leobardo Jiménez Sánchez y Ana isabel Gómez Arauz.

Ficha Técnica

27,94 cm

189 p. Incluye Bibliografía e Índice



**UNACHI**  
Hombre y cultura para el porvenir

Universidad Autónoma de Chiriquí



Catalina Elvira Espinosa Vega, Nohora Inés Carvajal Sánchez, Pedro Leobardo Jiménez Sánchez y Ana isabel Gómez Arauz.

Primera edición: 2026

D.R. © 2026, Catalina Elvira Espinosa Vega, Nohora Inés Carvajal Sánchez, Pedro Leobardo Jiménez Sánchez y Ana isabel Gómez Arauz.

D.R. © UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIRIQUÍ

Ciudad Universitaria, Vía Interamericana

David, Chiriquí, República de Panamá

Tel: (507) 730-5300

[www.unachi.ac.pa](http://www.unachi.ac.pa)

ISBN: 978-9962-8626-2-8

Fotografía de portada: Catalina Elvira Espinosa Vega

Diseño de portada: M.D.M.D.S. José Leonardo Jiménez García

Diseño y Diagramación: M.D.M.D.S. José Leonardo Jiménez García

<https://www.facebook.com/PiagoDyP/>

La presente obra y los capítulos que lo integran fueron sometidos por la Red de Estudios e Investigadores sobre el Territorio de la Facultad de Planeación Urbana y Regional de la Universidad Autónoma del Estado de México, México, a un dictamen a pares doble ciego externo de especialistas de nivel internacional y miembros del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (México), asimismo, a un proceso de identificación de duplicidad de la información mediante un software especializado.

Hecho en México

Made in México

## Índice

|  |            |
|--|------------|
| <b>Introducción</b>  | <b>7</b>   |
| <i>Catalina Elvira Espinosa Vega, Nohora Inés Carvajal Sánchez y Ana Isabel Gómez Arauz</i>                                    |            |
| <b>Estrategias para la sustentabilidad urbana en México: el agua como punto clave para la resiliencia en conjuntos urbanos</b> | <b>13</b>  |
| <i>Rosalía Ivonne Cruz Cervantes</i>   |            |
| <b>Hacia un manejo sustentable de residuos sólidos urbanos en Tecaxic: un enfoque participativo</b>                            | <b>37</b>  |
| <i>Mónica Olascoaga Sánchez, Jesús Aguiluz León y Roy Estrada Olivella</i>   |            |
| <b>Los sistemas urbanos de drenajes sostenible como complemento para el manejo de recurso hídrico en Ciudad de México</b>      | <b>67</b>  |
| <i>Adrián Giovanni Trejo González</i>  |            |
| <b>La cadena de valor de la energía eléctrica en Bahía Blanca (Argentina) en el escenario de la transición energética</b>      | <b>79</b>  |
| <i>Claudia Pong y José Ignacio Diez</i>  |            |
| <b>Gobernanza multiescalar del agua en ecosistemas de páramos de Colombia y Costa Rica</b>                                     | <b>107</b> |
| <i>Julián Camilo Barreto García</i>  |            |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Identificación de fuentes de contaminación acústica mediante el uso de SIG en la Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo</b> | <b>139</b> |
| <i>Julián Mares Valverde</i>  |            |
| <b>Estudio de percepción social del riesgo en Latacunga, Pujilí y Saquisilí</b>   | <b>153</b> |
| <i>Jenny Maricela Criollo Salinas, Sebastián Cárdenas Naranjo y Diana López Guzmán</i>  |            |
| <b>Fragilidad ambiental del corredor biológico de manglares del Golfo de México</b>   | <b>169</b> |
| <i>Celeste García Jaimes, Tonahtiuc Moreno Codina y Celia Hernández Diego</i>   |            |

# Introducción

Catalina Elvira Espinosa Vega<sup>1</sup>  
Nohora Inés Carvajal Sánchez<sup>2</sup>  
Ana Isabel Gómez Arauz<sup>3</sup>

En el contexto de la gestión ambiental para la sostenibilidad, es crucial abordar diversas problemáticas ecológicas urbanas y rurales mediante enfoques teóricos y metodológicos robustos, que permitan reducir el impacto negativo de las prácticas antropogénicas. El abordaje se plantea desde un enfoque sistémico sobre diversas prácticas, políticas y procedimientos que busquen el bien común para la conservación de los ecosistemas. En este sentido, se presentan estudios que examinan la sustentabilidad urbana, el manejo de los residuos sólidos urbanos, los sistemas urbanos de drenajes sostenibles, la cadena de valor de la energía eléctrica, la gobernanza multiescalar del agua en ecosistemas de páramos, las fuentes de contaminación acústica, la vulnerabilidad, resiliencia y sustentabilidad urbana y ambiental, y la fragilidad de los ecosistemas de manglares; ofreciendo soluciones innovadoras, estrategias de mitigación, adaptación y de gestión del riesgo construido socialmente. A continuación, se realiza una síntesis del contenido de cada uno de estos estudios.

El primer estudio, titulado “Estrategias para la sustentabilidad urbana en México: el agua como punto clave para la resiliencia en conjuntos urbanos” elaborado por Rosalía Ivonne Cruz Cervantes y Jesús Ramiro Félix Félix, identifica al agua como el elemento base para la estabilidad de los ecosistemas, por ello, se considera al agua

<sup>1</sup> Doctora en Geografía; Directora del Instituto de Investigación en Gestión Territorial, Riesgo y Cambio Climático, Universidad Autónoma de Chiriquí, Panamá; correo: catalina.espinosa@unachi.ac.pa

<sup>2</sup> Ph. D., Profesora asociada, Estudios de Posgrado en Geografía, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia-Instituto Geográfico Agustín Codazzi; correo: nohora.carvajal@uptc.edu.co

<sup>3</sup> Profesora e investigadora, Facultad de Humanidades, Universidad Autónoma de Chiriquí, Panamá; correo: ana.gomez@unachi.ac.pa

como eje rector para dirigir los criterios de sostenibilidad de los asentamientos humanos, en este caso de los conjuntos urbanos. Los resultados plantean estrategias que consideran al agua junto con la generación e implementación de políticas que permitan dirigirse hacia la resiliencia a partir de la adaptación, mejora o creación de conjuntos urbanos sustentables realmente consolidados.

El segundo trabajo, lleva por nombre “Optimización sustentable del manejo de residuos sólidos urbanos Tecaxic: un enfoque participativo”, de los autores Mónica Olascoaga Sánchez, Jesús Aguiluz León y Roy Estrada Olivella. El objetivo de esta investigación destaca la participación ciudadana de los habitantes de espacios con vocación rural o semiurbana en la gestión integral de residuos. El fundamento teórico se basa en las tipologías de política ambiental, a saber, tecnocráticas, administrativas y alternativas, así como el enfoque en el territorio, el desarrollo endógeno y la participación ciudadana en la formulación de políticas públicas para el desarrollo regional sustentable. Destacan la realización del análisis del espacio territorial de Tecaxic a partir de datos demográficos, para luego abordar la problemática de los residuos sólidos urbanos y las implicaciones para la comunidad local y el ecosistema circundante. Se identificaron los actores involucrados en el manejo de los residuos sólidos urbanos y los componentes sociales e institucionales que deben integrarse al programa de gestión de residuos de manera sustentable. La investigación dio como resultado un diagnóstico preciso de la situación actual del manejo de residuos sólidos urbanos en Tecaxic, lo cual permitió formular una propuesta de programa integral de gestión de residuos sólidos urbanos sustentable y que fomente la participación de la ciudadanía.

El tercer estudio, titulado “Los sistemas urbanos de drenaje sostenible como complemento para el manejo del recurso hídrico en Ciudad de México” y realizado por Adrián Giovani Trejo González,

aborda la necesidad de implementar sistemas de drenaje sostenibles en áreas urbanas. La investigación destaca la problemática de la Ciudad de México, donde la expansión urbana y la disminución de áreas verdes han exacerbado los desafíos relacionados con la gestión del agua de lluvia. Teóricamente, se enfatiza la importancia de replicar el drenaje natural para gestionar el agua de manera más eficiente. El objetivo principal es evaluar la viabilidad de implementar estas técnicas en la Ciudad de México para mejorar la gestión del agua, reducir inundaciones y aumentar la recarga de acuíferos. Los resultados concluyen que los SUDS pueden complementar el sistema de drenaje actual, mitigando problemas de saturación, contaminación y riesgos de inundación, adaptándose a las condiciones específicas de esta metrópoli. Se exploran diversas técnicas de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), incluyendo la infiltración, ralentización de la precipitación y almacenamiento del agua, analizando tanto infraestructuras grises como verdes.

En el cuarto estudio titulado “La cadena de valor de la energía eléctrica en Bahía Blanca (Argentina) en el escenario de la transición energética” presentado por Claudia Pong y José Ignacio Diez, se considera que el sector energético produce más emisiones contaminantes que contribuyen al cambio climático y la emisión de gases de efecto invernadero. Esta situación ha conducido a la generación energética a partir de fuentes de energía renovables combinadas con las fuentes convencionales. En este sentido, el estudio investiga la cadena de valor de la electricidad en la cual se analiza el valor agregado de los eslabones de generación, transmisión, distribución y consumo durante los años 2015 a 2019 en Bahía Blanca. Este lugar fue considerado para el estudio por ser un nodo estratégico portuario, comercial e industrial del sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina) y por presentar un sistema energético en el cual coexisten las fuentes de energías

renovables y convencionales. El estudio presenta un análisis con base en el cálculo de la contribución del sector energético durante los cinco años estudiados; a su vez, determina el principal consumo energético del lugar, de acuerdo con las actividades humanas que se desarrollan.

El quinto estudio denominado “Gobernanza multiescalar del agua en ecosistemas de páramos de Colombia y Costa Rica”, de Julián Camilo Barreto García, se fundamenta en cuatro estudios de casos comparativos. Para la comparación de la gobernanza multiescalar del agua en los territorios paramunos se emplea figuras relacionales de poder geográfico junto con reglas y condiciones de gobernanza multiescalar. Se sustenta qué país tiene más fortalecido las estructuras de gobernanza multiescalar del agua en ecosistemas paramunos y las asimetrías en las relaciones de cooperación existentes. El estudio además resalta que, la base estructural de implementación de los objetivos nacionales y supranacionales de política pública de conservación y preservación de los ecosistemas, se ubica en la administración pública del bien común del agua, en instituciones no estatales; tales como Organizaciones No Gubernamentales- ONG, Juntas de Acción Comunal- JAC, organizaciones campesinas, entre otras; las cuales cogestionan instrumentos de

El sexto estudio, “Identificación de fuentes de contaminación acústica mediante el uso de SIG en la Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo”, realizado por Julián Mares Valverde, aborda la contaminación acústica como un problema ambiental significativo, destacando sus efectos negativos en la salud, como la pérdida auditiva y problemas cardiovasculares. El tráfico vehicular se identifica como la principal fuente de ruido urbano. Metodológicamente, el estudio divide el área de investigación en cuadrantes de 50x50 metros, captura datos con un sonómetro y utiliza ArcGIS 10.5 para crear mapas de ruido mediante interpolación Kriging. El objetivo general

es identificar las fuentes de generación de contaminación acústica en la Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, con objetivos específicos que incluyen la determinación del área de estudio, la toma periódica de lecturas de ruido y la generación de un mapa de densidades. Los resultados identifican zonas con niveles de ruido superiores a los 63 decibeles (dB), principalmente entre los edificios D y F, y frente al edificio de gobierno de esta institución académica; recomendando una campaña de concientización y la implementación de un programa de monitoreo de ruido.

El séptimo estudio, titulado “Vulnerabilidad, resiliencia y sustentabilidad urbana y ambiental. Estudio de percepción social del riesgo en Latacunga, Pujilí y Saquisilí” de autoría de Jenny Criollo Salinas, Sebastián Cárdenas Naranjo y Diana López Guzmán, resalta la importancia de comprender la percepción de la comunidad en relación con los riesgos en Cotopaxi (Ecuador), ofreciendo datos que permitan una adecuada planificación territorial respaldada por información académica. El marco teórico sobre percepciones y representaciones del espacio, y la complejidad del riesgo, orienta el análisis hacia la percepción y representación de cada factor del riesgo desde una perspectiva de multiamenaza. La metodología con enfoque cuantitativo y un tipo de investigación descriptiva y correlacional, utiliza instrumentos como una encuesta estructurada que proporcionó una descripción detallada acerca de la manera en que las personas de la comunidad perciben diferentes tipos de riesgos sociales asociados a los fenómenos naturales, problemas de salud pública, delincuencia, cambio climático, entre otros. Estos se transversalizan con factores influyentes como la experiencia previa, la exposición mediática, la educación, la cultura, la confianza en las instituciones, entre otros. Los resultados son un aporte para la generación de políticas públicas integrales de gestión de riesgos y el fortalecimiento de capacidades locales.

El último estudio, titulado “Fragilidad ambiental del corredor biológico de manglares del Golfo de México”, realizado por Celeste García Jaimes, Tonahtuic Moreno Codina y Celia Hernández Diego, se basa en la ecología urbana y la economía de la naturaleza para analizar cómo las actividades humanas, especialmente la industria petroquímica, afectan los ecosistemas de manglares en el Golfo de México. El objetivo es evaluar la fragilidad ambiental de los ecosistemas de manglares y los impactos de la Refinería Olmeca en la región, proponiendo estrategias de conservación y restauración. Metodológicamente, se utiliza un enfoque deductivo y herramientas de modelado ambiental para evaluar la vulnerabilidad de los ecosistemas y asentamientos humanos, analizando variables como la explotación de cuencas y acuíferos, y la contaminación por emisiones de CO<sub>2</sub>. Los resultados identifican múltiples amenazas a los manglares, incluyendo la contaminación y el cambio climático, destacando la necesidad de implementar estrategias de conservación y restauración para evitar una catástrofe ecológica.

Estos estudios subrayan la importancia de abordar los desafíos ambientales desde una perspectiva integral y multidisciplinaria, proponiendo soluciones que no solo mitiguen los problemas actuales, sino que también promuevan la sostenibilidad a largo plazo. Se precisa que los gobiernos locales tanto de las zonas urbanas como de las rurales aborden dentro de los procesos de planificación territorial, la gestión ambiental para la sostenibilidad y se fundamenten en estudios como los presentados en este libro, para lograr un equilibrio entre los procesos de desarrollo y la conservación de los ecosistemas.

# **Estrategias para la sustentabilidad urbana en México: el agua como punto clave para la resiliencia en conjuntos urbanos**

Rosalía Ivonne Cruz Cervantes<sup>1</sup>

## **Introducción**

Actualmente en América latina la sustentabilidad urbana es aún insipiente. Al ser países en desarrollo la inversión pública está destinada primordialmente a infraestructura básica (servicios y transporte) y no a diseños, tecnologías o materiales innovadores que podrían ser implementados para optimizar el uso y consumo de agua, energía y otros recursos (Armendáriz y Carrasco, 2019).

Específicamente en México, la tendencia de urbanización es y ha sido desde hace al menos dos décadas a partir de la construcción de conjuntos urbanos en serie con la mínima o nula consideración de las condiciones y características geomorfológicas y bioclimáticas del sitio que es ocupado. Además, estos nuevos espacios demandan la distribución de recursos que a su vez derivan en nuevas fuentes de contaminación. Esta urbanización no planificada definida como dispersa, deriva en una desfragmentación urbana al crear nuevos nodos en las periferias urbanas (masas de conjuntos habitacionales que exceden las 3,000 viviendas) que tarde o temprano terminarán conectándose con la centralidad; es así como va sucediendo el patrón de la urbanización en el país (Sánchez, 2007 y ONU Habitat, 2025).

---

<sup>1</sup> Doctora en Ciencias Ambientales. Profesora investigadora en el Departamento de Recursos de la Tierra de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma. Correo: ri\_cruz@correo.ler.uam.mx

Este modelo de densidad edificatoria intenta optimizar al máximo el suelo y deja de lado los estándares de calidad y habitabilidad deseables para zonas habitacionales, por ejemplo, muchas de las veces los inversionistas inmobiliarios apenas cumplen con la cantidad mínima de área verde<sup>2</sup> dentro de la vivienda o del conjunto habitacional mismo, la cual es de 10%. En conjuntos habitacionales de algunos estados de la república; el alto índice de impermeabilización del suelo urbano supera el 90%; situación que está intrínsecamente relacionada con los permisos municipales de desarrollo urbano y las autorizaciones que estas dependencias emiten (Comisión de Vivienda, 2019).

Algunos planteamientos han surgido derivado del interés de las Instituciones gubernamentales para mejorar la calidad habitacional y el desarrollo urbano sostenible. Un ejemplo de esto son los Desarrollos Urbanos Integrales Sustentables (DUIS) de los cuales se fomentó su construcción en el año 2011 cuando se crea la Política de vivienda sustentable que fomenta el Desarrollo Urbano Integral Sustentable que deriva de los Objetivos del Programa Nacional de Vivienda (PNV) 200-2012. Los DUIS se definieron como un modelo de inversión inmobiliaria de carácter opcional para los desarrolladores habitacionales que pretendía fomentar áreas de desarrollo planeadas integralmente junto con los tres niveles de gobierno con la intención de lograr un desarrollo urbano más justo y de menor impacto en la periferia de las ciudades (periurbanos) o bien, con la redensificación de la centralidad (intraurbanos) (Rivas y Langagne, 2012).

Este concepto involucra la creación de conjuntos urbanos que cumplan con los criterios de evaluación que contemplen cuatro ámbitos: regional, urbano, de barrio y arquitectónico. Esto se refiere a que deberán cumplir con:

*“Empleo de energías alternativas, ecotecnologías, arquitectura*

<sup>2</sup> “La Organización Mundial de la Salud (OMS) determina que debe de contarse al menos con 16m<sup>2</sup> de áreas verdes por habitante para garantizar su bienestar. Actualmente en las ciudades se cuenta en promedio con 5m<sup>2</sup>. (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2018).

*bioclimática, manejo y reutilización de agua, manejo y aprovechamiento de residuos sólidos. Espacios públicos: más y mejores áreas verdes, zonas culturales, deportivas, recreativas que promuevan la integración vecinal. Conectividad a servicios y fuentes de trabajo mediante trenes ligeros, metro, ciclovías y al sistema de ciudades. Movilidad sustentable a base de ciclovías, tren ligero y andadores peatonales. Consolidaciones de Nuevos polos de desarrollo con vocaciones y equipamientos que impulsen fuentes de trabajo, comercio y servicios. Fortalecimiento del Tejido Social mediante la mezcla de vivienda social, económica, media y residencial preponderantemente vertical, cercana a fuentes de empleo y servicios.” (Sociedad Hipotecaria Federal, p.6, 2011)*

El fomento que recibió esta iniciativa tuvo como resultado que a finales del año 2009 fuera aprobado el primero de estos desarrollos urbanos el cual fue el Valle de San Pedro, en Tijuana, Baja California, consecutivamente en mayo de 2010 se aprobó el segundo desarrollo, el Rehilete en el municipio de Villagrán, Guanajuato; el tercero Puerta de Anza en Nogales, Sonora, el 3 de noviembre de 2010 y, por último, el 30 de noviembre de 2010, Villa El Cielo en Villahermosa, Tabasco (Aguilar, 2011).

No se encontró algún documento oficial de evaluación de los DUIS que fueron aprobados y construidos que determinara la efectividad, eficiencia y cumplimiento de las características esperadas urbana y arquitectónicamente, sin embargo, se identifica un reporte realizado por Quintana (2016) sobre el primer DUIS, el del Valle de San Pedro que al contrario de lo que se esperaba polarizó el crecimiento urbano natural del municipio de Tijuana hacia una periferia apartada, sin ofrecer soluciones de conectividad (como se comenta que suele suceder de manera rutinaria con la construcción de nuevos conjuntos habitacionales).

Además de ello, el desarrollo presenta un avanzado nivel de abandono y vandalismo en varias de las secciones que lo conforman, así como deterioro en viviendas, vialidades y áreas verdes. Difiere de la propuesta de presentar un uso de suelo mixto ya que el desarrollo muestra una deficiencia en su zona comercial y más bien es el comercio informal el que se ha detonado, además que no existe una oferta laboral próxima. Existe además la falta de equipamiento y servicios, pues el conjunto sólo cuenta con la obra inconclusa de los módulos de policía y bomberos, y los servicios de seguridad y recolección de residuos sólidos urbanos son precarios.

Los reportes en general muestran un estado desfavorable de este y los otros desarrollos. Aunque se requiere de un análisis profundo de las diferentes iniciativas en el país se puede observar que respecto a los DUIS no hay resultados contundentes relacionados a esta política y continuidad. Se alude que la característica de ser una forma de construcción opcional para los desarrolladores es determinante tanto para aumentar la adopción de la práctica como para consolidar un seguimiento en tiempo y forma que garantice los resultados de sustentabilidad esperados en los conjuntos.

La carencia de la sustentabilidad urbana presente en la vivienda deriva a la vez en la ausencia de resiliencia en las ciudades, con lo que no se tiene garantizado que una población de determinado asentamiento urbano pueda sobreponerse y sostenerse ante una posible carencia del recurso hídrico o fuentes básicas de energía. Por otro lado, se denota que la complejidad del análisis de la ciudad, en este caso específicamente de la sustentabilidad urbana, radica en que el abordaje debe hacerse desde sus distintas dimensiones de análisis: la económica, social y ambiental y desde los componentes de la ciudad: el ambiente natural, las comunidades, la infraestructura, el patrimonio edificado, entre otros.

En este sentido, este trabajo plantea estrategias básicas para la sustentabilidad en conjuntos urbanos considerando los criterios antes mencionados como factores clave que junto con la generación,

implementación y rigidez de políticas les permitiría dirigirse hacia la resiliencia a partir de la adaptación, mejora o creación de conjuntos urbanos sustentables realmente consolidados.

### **Fundamentación teórica. La sustentabilidad urbana y la resiliencia**

La resiliencia y la sustentabilidad urbana son dos términos que vienen de la mano. La sustentabilidad en su definición general describe el uso de los recursos naturales cuidando y preservándolos lo suficiente para su existencia y conservación futura; y la sustentabilidad urbana puntualmente considera la generación, reconfiguración o funcionamiento de ciudades mitigando o corrigiendo el impacto negativo que estas tienen en el medio ambiente en concordancia con las actividades económicas y sociales que en estas se producen (SEMARNAT, 2015). Mientras que, “el concepto de resiliencia describe la habilidad de cualquier sistema urbano de mantener continuidad después de impactos o de catástrofes mientras contribuye positivamente a la adaptación y la transformación” (ONU HABITAT, 2018). Por lo tanto; estos términos juntos, sustentabilidad urbana y resiliencia, implican que las ciudades o asentamientos humanos cuenten con las características suficientes para tener la capacidad de responder a diferentes adversidades o cambios medioambientales desfavorables que les permitan prevalecer en el tiempo en las mejores condiciones posibles y de una manera más respetuosa y equitativa con el medio ambiente considerando a la sociedad sin perder el aspecto económico como parte fundamental.

Como menciona el Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal “el concepto de sustentabilidad urbana implica un cambio de paradigma en la forma de concebir las ciudades para transitar a un modelo que integre los ciclos naturales bajo el entendido que se pueden generar sinergias positivas entre las ciudades y el medio

ambiente” (INAFED, 2017). Y en la búsqueda de esta sustentabilidad y resiliencia en la forma de desarrollo humano los Objetivos del Desarrollo Sostenible fueron establecidos y adoptados en la Agenda 2030 por las Naciones Unidas y los países involucrados en el año 2015. Estos contemplan 17 Objetivos puntuales que permitan alcanzar esa sostenibilidad del desarrollo. El objetivo que está relacionado con este trabajo, es el 11: Ciudades y comunidades sostenibles, el cual plantea de forma puntual que las ciudades y los asentamientos humanos deben ser inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.

El Objetivo 11 se relaciona a muchos otros de los objetivos, ya que la sustentabilidad urbana o de las comunidades abarca muchos de los aspectos de intervención ambiental. Contar con Ciudades y Comunidades sostenibles involucra la atención al Objetivo 3: Salud y bienestar ya que contribuyen a reducir el impacto ambiental negativo de las ciudades, prestando especial atención a la calidad del aire y el agua con lo que se contribuye a su vez al Objetivo 6: Agua limpia y saneamiento.

De igual forma puede contribuir al Objetivo 7: Energía asequible y no contaminante, al garantizar el acceso a servicios energéticos sustentables accesibles, fiables y modernos que abastecen los asentamientos humanos. Se favorece también el logro del Objetivo 9: industria, innovación e infraestructura facilitando el desarrollo de infraestructuras sostenibles y resilientes para el abastecimiento y generación de productos y servicios.

Los conjuntos urbanos sustentables al cumplir con el Objetivo 11 también fomentan el cumplimiento de los Objetivos 12 de producción y el consumo responsable (en este caso de viviendas y sus componentes), el Objetivo 13 de Acción por el clima y el Objetivo 15 de Vida y ecosistemas terrestres, al contribuir a la conservación del medio ambiente y evitar la degradación de hábitats naturales (ONU HABITAT, 2022).

Lograr una aproximación a la sustentabilidad urbana, tiene un considerable grado de complejidad, ya que esto involucra diversos tipos de información (económica, tecnológica, social y ambiental) que los gobiernos locales y estatales deben de considerar para la toma de decisiones. La adaptación depende de la presión-estado-respuesta que reconozca a las necesidades de las actividades humanas, los procesos naturales y servicios ambientales con relación a la estructura físico-geográfica, los ecosistemas, los recursos naturales y la gobernabilidad (Padrón y Cantú, 2009).

Por lo anterior, se considera que, es imprescindible es sugerir que las políticas para el desarrollo urbano sostenible deben de contar con una constante evaluación y ajuste, ya que estas tienen un papel primordial a la hora de conseguir que los gobiernos locales logren que las estrategias de sostenibilidad urbana se implementen, prosperen y posteriormente se consoliden.

A continuación, se identifica la relación que existe entre la urbanización, el agua, la energía, así como con la vegetación y la importancia de considerar los aspectos a la hora de concebir los conjuntos urbanos si lo que se busca es una mayor sustentabilidad y resiliencia.

### **La urbanización y el agua.**

El manejo del agua en ciudades es un complejo factor clave para la desestabilizar y a la vez para fomentar una estabilidad ambiental y la calidad de vida de las comunidades bióticas y debe reconocerse que

*“se ha llegado a un punto de inflexión en el que ya no es posible seguir apoyando la perspectiva de una sola dimensión del agua, que, a la luz de la evidencia, ha resultado incompleta. Las decisiones hídricas tienen implicaciones para el medio ambiente, la economía y la sociedad. Además, la gestión hídrica en las ciudades es un tema que involucra cada vez más a múltiples disciplinas: geografía, edafología, sociología, historia ambiental, ingeniería, biología, urbanismo, arquitectura, diseño urbano paisajístico. No puede*

*seguir viéndose sólo como un asunto de gestión de este recurso.”  
(Mathur et al., 2009, p. 45 en García, 2021)*

El proceso de urbanización consiste principalmente en la creación de vialidades y calles, de edificios (comerciales, de vivienda, industriales, escolares, etc.), de infraestructura (eléctrica, hidráulica y sanitaria) y de áreas públicas (parques, plazas, centros urbanos). Con la construcción de estos elementos y de las ciudades en sí mismas, se interviene en el ciclo natural de agua y tiene como consecuencia “la reducción de la infiltración en el suelo, la eliminación de la vegetación natural (que promueve la evapotranspiración y precipitación) y, entre otras cosas, la desaparición de irregularidades en el suelo donde se almacenaba el agua de forma natural”. Esto trae consigo afectación directa a los ecosistemas, además de:

- Interrupción de equilibrio hídrico natural (hidrología superficial y recarga de acuíferos)
- Absorción de radiación solar en pavimentos (retención de calor a causa de suelos asfaltados)
- Cambios en la humedad atmosférica local (disminución de precipitación)
- Modificación de la vegetación (disminución de las condiciones para su permanencia y aportación de la evapotranspiración)
- Cambios en la composición del aire (concentración de GEI y aumento de temperatura)

Por lo anterior, es posible aseverar que el cambio principal producto de la urbanización, es en el suelo, y por consecuencia al agua y su ciclo natural, el cual es importante por sí mismo, pero también como regulador de los demás ciclos biogeoquímicos (que funcionan como estabilizadores en el medio ambiente) como el del carbono, el nitrógeno, el fósforo y el azufre al promover su circulación y tránsito en los ecosistemas terrestres y hacia los acuáticos (Bear et. al, 2016).

Este ciclo hidrológico natural se convierte en un ciclo hidrológico urbano en el cual la infiltración profunda en el suelo disminuye de un 25% a un 5%, la infiltración somera cambia de un 25% a un 10%, la evapotranspiración de un 40% disminuye a un 30% mientras por lo contrario el escurrimiento superficial aumenta de un 10%

a un 55% al no tener suelo permeable y raíces vegetales para su absorción (Gleason, 2017).

La mayoría de las ciudades contemporáneas han sustituido el suelo natural por suelos asfaltados o de concreto que dificulta la infiltración, la evaporación habitual y la evapotranspiración de las especies vegetales que solían cubrir el suelo natural. Ante esto el fenómeno que se presenta cuando sucede un evento pluvial es que hay un pico del nivel de agua más alto el cual sucede también más rápido de lo que solía presentarse, esto derivado del estancamiento del agua en el suelo impermeable, de igual forma hay un caudal base más bajo en sitio ya que no puede infiltrarse el agua para regresar al subsuelo.

Este cambio del ciclo hidrológico natural a urbano no solo resulta en inundaciones o en la disminución en la capacidad de la recarga acuífera, sino que también modifica el microclima regional por la disminución de suelo natural y vegetación, derivando muchas veces al aumento de temperatura y la conocida isla de calor urbana.

## **Relación urbanización, agua y la energía**

Como se mencionó anteriormente, el agua es un recurso indispensable para todas las actividades humanas y ecosistémicas, por lo cual se debe buscar su cuidado y prevalencia al gestionarla de una manera óptima en todos sus tipos de usos; en este caso, al emplearla dentro de la urbanización, o específicamente en los conjuntos urbanos que son el tema de estudio de este trabajo. La construcción de nuevos fraccionamientos que no son gestionados correctamente dentro de los criterios de la sustentabilidad tiene una mayor aportación de su huella hídrica<sup>3</sup> y de su huella ecológica<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> El concepto de huella hídrica permite para clasificar, dimensionar y medir el agua que es utilizada por el ser humano, la huella hídrica, es decir, "la apropiación humana del agua dulce es un indicador tanto del volumen de agua utilizado para producir algo, como de su origen (agua de lluvia, agua superficial y subterránea), y del agua contaminada producida" (IMTA, 2019).

<sup>4</sup> "La huella ecológica es un indicador para conocer el grado de impacto de la sociedad sobre el ambiente. Es una herramienta para determinar cuánto espacio terrestre y marino se necesita para producir todos los recursos y bienes que se consumen, así como la superficie para absorber los desechos que se

En este caso, la importancia de identificar fuentes de consumo significativos en los asentamientos humanos urbanos radica en que estos demandan agua y energía y ambos recursos están correlacionados, ya que, se usa agua en los métodos para la generación de energía eléctrica y se utiliza energía eléctrica para extraer, potabilizar y abastecer de agua a las comunidades, por lo que el uso del agua se potencializa.

A escala menor, es decir en las viviendas, las personas usan energía para el bombeo y distribución en el hogar e incluso, en zonas rurales aún es común la existencia de pozos que bombean agua subterránea para su uso.

*“Para captar, elevar y transportar el agua hasta las plantas de potabilización, la energía requerida es diferente, dependiendo de la fuente: aguas superficiales, aguas subterráneas, agua salada (desalinización) o agua reciclada. Producir 1 m<sup>3</sup> de agua potable se requiere entre 0.37 y 8.5 kWh. La etapa de transporte es también una de las más demandantes de energía” (Martín, p.326, 2020).*

Los procesos convencionales del agua para zonas habitacionales, comerciales, industriales o de cualquier tipo requieren de grandes cantidades de energía para bombear, tratar, trasladar, calentar, enfriar y reusar agua, al mismo tiempo que el agua es necesaria para el enfriamiento de las plantas termoeléctricas y para generar el vapor que produce electricidad a través del movimiento de turbinas y para la generación de energía en las plantas hidroeléctricas (Pedrozo, 2021).

Para generar energía en las plantas hidroeléctricas se usa agua que a partir de turbinas hidráulicas giran para crear energía mecánica, esta es convertida por el generador eléctrico rotativo en energía eléctrica; esto sucede en las principales centrales hidroeléctricas en el país (El Novillo, Huites, Aguamilpa Solidaridad, El Cajón, Zimapán, Necaxa, Infiernillo, La Villita, Caracol, Temascal, Peñitas, Malpaso, Chicoasén

---

generan, usando la tecnología actual” (SEMARNAT, 2017).

y Angostura) (SENER, 2018). La generación de energía eléctrica en plantas termoeléctricas es una de las actividades en las que el nexo agua-energía es claramente identificado. Los sistemas de enfriamiento mediante agua influyen directamente en la disponibilidad hídrica en el sitio donde se lleva a cabo (Pedrozo, 2021).

Por lo anterior, se quiere contribuir a la sustentabilidad de los conjuntos urbanos a partir de la atención a la dupla de agua-energía, ya que se considera la mayor área de oportunidad donde debe intervenir con un mayor énfasis para que además de dotar al asentamiento humano de una mejor calidad y resiliencia se disminuya la huella hídrica y huella ecológica producida por dichos asentamientos.

Considerar dentro de los asentamientos humanos (en este caso los conjuntos urbanos) la gestión cíclica y sostenible de abastecimiento, drenaje y tratamiento de las aguas residuales y reutilización o retorno al medio para un nuevo y constante abastecimiento, contribuye al disminuir el gasto energético producido por la distribución y transporte a estos conjuntos urbanos desde puntos remotos o pozos profundos.

Las estrategias por implementar en un conjunto habitacional deben de ser integrales para que estas puedan funcionar de la mejor manera posible, es decir, trabajar en concordancia con todos los demás componentes naturales y con la conservación de los recursos para que puede existir una sinergia ecosistémica o este caso, urbano-ambiental. Tal como se describe a continuación respecto a la relación que también existe entre la vegetación y el agua en los conjuntos urbanos.

### **Relevancia de la vegetación en los conjuntos urbanos**

La relación del agua y la vegetación resulta relevante para el estudio de la sustentabilidad y la gestión del agua en los asentamientos humanos debido a la importancia que estos tienen en los procesos y dinámicas tanto urbanas como naturales y que es la cobertura del suelo natural y la vegetación lo primero que se modifica al urbanizar.

Dubbert y Werner (2019) afirman que las plantas median los flujos de agua dentro del vínculo continuo suelo-vegetación-atmósfera; teniendo un papel fundamental en el ciclo hidrológico. Además, aunque se ha demostrado que la dinámica a pequeña escala puede tener un gran impacto en los procesos a mayor escala, esta no es una regla general ya que la temporalidad de la dinámica también es importante, debe de ser un micro ecosistema vegetal consolidado para que las interacciones suelo-vegetación-atmósfera funcionen óptimamente.

Aunque de manera general se puede afirmar que vegetación = agua, no todas las especies contribuyen de igual forma a la dinámica hídrica, las especies de cubresuelos (pastos), por ejemplo, funcionan como retenedores del sustrato superficial y evitan la erosión; sin embargo, la contribución más significativa es la de las distintas especies de árboles. Concretamente los árboles contribuyen en dos momentos en el ciclo del agua o en la dinámica hídrica, esto es mediante sus raíces y la profundidad que estas tienen en el suelo que favorece la recarga de acuíferos, y la segunda, a partir de sus hojas y la evapotranspiración que sucede en el proceso natural de su metabolismo y la emisión de vapor de agua (Comisión Nacional del Agua, 2017).

Al urbanizar el ser humano rompe con estos procesos y equilibrio natural que antes funcionaban sinérgicamente, priorizar la permanencia o establecimiento de cobertura vegetal en los conjuntos urbanos es esencial para promover la estabilidad ambiental y con ello promover la sustentabilidad y resiliencia en el asentamiento humano.

Se considera entonces que para que un conjunto urbano consiga una mejora en el estado de resiliencia se debe priorizar las técnicas de conservación del agua y la vegetación, así como la reducción del consumo energético primordialmente para poder conseguir un grado de sustentabilidad urbana la cual le permitirá a su vez en alguna proporción el poder responder, sobreponerse y mantenerse estable ante sucesos desfavorables o atípicos.

Por lo tanto, se identifica que mejorar las condiciones de estos tres aspectos en los conjuntos urbanos contribuiría a una mayor escala urbana al considerar que estos asentamientos están marcando o han marcado ya la pauta para dirigir el crecimiento de las ciudades y la forma de urbanización.

El bienestar ambiental consiste en una serie de procesos naturales correlacionados que trabajan entre sí para mantener una estabilidad sinérgica. Como la presencia de vegetación que favorece y promueve la infiltración del agua al suelo, la estabilidad de laderas, la evapotranspiración y la retroalimentación con la atmosfera para favorecer la lluvia, la disminución de absorción de radiación solar en suelo, entre otros sucesos favorables al medio ambiente y, por ende, a las comunidades. La creación de zonas o conjuntos habitacionales debería en lo posible promover la continuidad de estos procesos para, a su vez, direccionarlos hacia la resiliencia urbana.

## **Metodología**

En concordancia con autores como Mercado (2009), De Hoyos (2010) y Cruz (2018) se plantea que la construcción de vivienda con base en la sustentabilidad debe realizarse en concordancia y consideración de las demás escalas del espacio construido, la comunidad (el conjunto urbano) y la ciudad, esto para que exista una atención integral del fenómeno de urbanización y todo el espacio en el que el nuevo emplazamiento interviene y se emplaza.

En este sentido, se consideraron los siguientes pasos para el planteamiento de estrategias básicas para la sustentabilidad urbana en México considerando a la resiliencia en conjuntos urbanos como una característica implícita. Los planteamientos se desarrollan en atención a las 3 dimensiones de la sustentabilidad (social, económica y ambiental).

**Tabla 1. Propuesta de estrategias de sustentabilidad y resiliencia de conjuntos urbanos**

| Vivienda   | Social  | Económica/técnica  | Ambiental  |
|--|---|--|--|
| <b>Al interior</b>   | Identificar las necesidades de la población respecto al número de habitantes y características de diseño                          | las necesidades de la población objetivo (ciclo de vida de los materiales) y selección adecuada del tipo de material térmico de acuerdo con el clima   | Realización de un análisis bioclimático y geomorfológico del sitio para la construcción de menor impacto.<br><br>Respetando en lo posible las pendientes topográficas  |
| Reducción del consumo de agua y energía mediante dispositivos ahorradores y muebles sanitarios                                     |   |  |  |
| <b>Al exterior</b>   | Garantizar la presencia de un espacio privado de transición al espacio público  | Consideración de diseño de instalaciones para uso de sistemas eléctricos fotovoltaicos, paneles o calentadores solares. Instalaciones hidro-sanitarias para la clasificación de aguas grises y negras. | Factibilidad de construcción de huertos urbanos familiares ya sea frente a la vivienda o sobre ella  |
| Reducción del consumo de energía con el uso de iluminación con baterías solares  |   |  |  |
| <b>COMUNIDAD (Conjunto urbano)</b>   | Uso mixto del suelo, presencia de servicios dentro del conjunto para evitar traslados   | Infraestructura necesaria para captación, recolección de agua de lluvia de vialidades, escurrimientos y aguas grises y conducción a un sistema natural de tratamiento de agua comunitario en sitio     | Propuesta de vegetación planificada y distribuida en todo el conjunto urbano.<br><br>Orientación adecuada de los bloques de viviendas para asoleamiento y ventilación. |
| Reducción del consumo de energía con el uso de alumbrado público de recarga solar  |   |  |  |
| <b>CIUDAD</b>  | Vinculación con la localidad inmediata a partir del uso de bienes y servicios o áreas comunitarias de convivencia de fácil acceso | Propuesta de conexión vial con la centralidad o asentamiento consolidado más cercano al nuevo conjunto urbano.   | Minimizar la generación de residuos contaminantes al realizar un tratamiento interno y demanda de recursos municipales   |
| Implementación de infraestructura vegetal en la vialidad o vialidades de interconexión del conjunto urbano a la centralidad urbana |   |  |  |

Fuente: elaboración propia con base en Mercado (2009), De Hoyos (2010) y Cruz (2018)

- Identificar los requerimientos y factibilidad de intervención en la vivienda (al interior y exterior) en relación con la dimensión social, económica y ambiental.
- Identificar los requerimientos y factibilidad de intervención respecto a la comunidad (conjunto urbano) en relación con la dimensión social, económica y ambiental.
- Identificar los requerimientos y factibilidad de intervención respecto a la escala de ciudad en relación con la dimensión social, económica y ambiental.

Las estrategias sugeridas son las siguientes:

Propuesta de estrategias para la sustentabilidad en conjuntos urbanos

Al llevar a cabo las estrategias generales mencionadas en la Tabla 1 deberán de estudiar y considerar previamente el tipo de clima y el contexto social en el que se pretenden llevar a cabo, de manera que podrían realizarse diferentes opciones en el conjunto urbano dependiendo cada caso en particular respetando los recursos naturales del lugar (Hernández y Delgado, 2010). Algunas de las estrategias identificadas que podrían llevarse a cabo son las siguientes:

En la vivienda:

- Diseño de torres de ventilación para la disminución natural de temperatura en zonas cálidas
- Uso de materiales térmicos para el confort al interior de la vivienda y tamaños adecuados de ventanas
- Uso de biodigestores para tratamiento de agua construidos en sitio o prefabricados
- Azoteas verdes en las viviendas para una mayor captación de agua y regulación de temperatura o en su defecto consideración del peso estructural para su posterior integración

- Recolección de agua en azoteas y dirección a una laguna artificial inmediata de tratamiento
- Uso de muros verdes para hidroponía o para regulación térmica
- Conjunto o comunidad:
  - Construcción de espacios para la convivencia en diferentes puntos del conjunto urbano y con diferentes enfoques por edad
  - Materiales permeables para la creación de vialidades.
  - Evaluación y diseño del flujo de aire y asoleamiento en bloques de edificios
  - Diseño de bloques de vivienda con jardines centrales en patio central compacto para la humidificación y microclima local
  - Direccionar por gravedad las calles para captar el agua pluvial y para canalizarla, almacenarla y utilizarla para riego con un pretratamiento.
  - Cobertura de infraestructura vegetal endémica o adaptada en todo el conjunto, priorizando especies de árboles antes de arbustos o plantas bajas
- Ciudad:
  - Uso de agua tratada dentro de conjunto para la disminución de la demanda municipal de agua de pozos profundos o de cuencas lejanas al emplazamiento
  - Existencia de una zona verde para abierta para captación y tratamiento de agua residual (como humedales artificiales) y para uso recreativo de otros habitantes locales
  - Sistemas de movilidad sustentable, ciclo vías, transportes colectivos, etc. y conexión accesible hacia puntos urbanos de servicios y empleo.
  - Incentivar la construcción de nuevos conjuntos urbanos con bloques verticales de vivienda para disminuir la expansión y baja densidad del uso de suelo

- Contribuir para recuperar de algún modo la dinámica pre-urbanización del ciclo hidrológico con la Implementación de pozos de infiltración por cada asentamiento humano de alta densidad bajo la “Norma Oficial Mexicana NOM-015-CONAGUA-2007, Infiltración artificial de agua a los acuíferos. - Características y especificaciones de las obras y del agua”.

Actualmente en México no se cuenta alguna política de vivienda que exija a los desarrolladores habitacionales a construir de manera sustentable, si bien, existen diversos programas y mecanismos que fomentan la certificación de edificaciones sustentables o la construcción de viviendas sustentables, como el programa Hipoteca Verde del INFONAVIT y los Programas de Vivienda Sustentable de la Sociedad Hipotecaria Federal (SHF) aún no se da obligatoriedad a los inversionistas inmobiliarios para mejorar la calidad edificatoria con criterios sustentables y reducir los impactos negativos tanto para las personas, la economía y el medio ambiente.

Por lo anterior, se reitera que para que las propuestas anteriores puedan llevarse a cabo en la construcción de conjuntos urbanos se requiere de políticas urbanas y políticas hídricas contundentes que funcionen en las áreas metropolitanas y que intervengan positivamente en la creación o modificación de conjuntos urbanos sustentables.

## **Discusión**

Es posible concretar que se debe de priorizar un modelo de ciudad compacta y disminuir las ciudades dispersas en las que se han convertido las manchas urbanas hoy en día. Una forma de lograrlo es priorizar la verticalidad edificatoria, es decir, mediante edificios de alta densidad (departamentos) para evitar la expansión del crecimiento urbano en grandes expansiones de conjuntos urbanos con miles de viviendas individuales y que promueven el uso del suelo natural.

Un diseño adecuado de las viviendas, los bloques de edificios, las torres de viviendas y demás construcciones permite la integración de estrategias ambientales beneficios para la producción del consumo energético y de agua, por ejemplo, mediante el diseño de torres de ventilación natural o la recirculación de agua tratada dentro de las edificaciones. Priorizar la permanencia y aumento de la vegetación o el suelo natural es una estrategia simple y esencial para aumentar la calidad habitacional y ayudar a que los procesos naturales que sucedían de manera habitual en el área urbanizada no tengan un cambio abrupto significativo y que traigan problemas de inundaciones, islas de calor o similares. Esta debe ser de cumplimiento riguroso por parte de las autoridades de desarrollo urbano de cada estado.

De igual forma, la combinación de estrategias como el uso de materiales adecuados, torres de ventilación, el análisis de asoleamiento para reducir el sobrecalentamiento dentro de las viviendas y la evaluación del flujo de aire en los bloques de viviendas para una buena ventilación permite resultados como la reducción del uso de la climatización artificial o aires acondicionados tanto en climas cálidos como fríos. Con esto se reduce el consumo de energía eléctrica y a la vez la reducción de demanda de agua que se usa para su producción y con ello también se tiene una menor cantidad de la emisión de gases de efecto invernadero que esto produciría.

En México los criterios sustentables en la vivienda social o los conjuntos urbanos no son reglamentarios y se basan primordialmente en programas, financiamientos, créditos o certificaciones, (García y Zavala, 2021) esto sigue visibilizando la necesidad socio-ambiental de generar estrategias de fácil aplicación que sean adaptadas por los desarrolladores inmobiliarios para mejorar las condiciones de sustentabilidad en esta forma de urbanización la cual es significativa, ya que se identifica como un detonador del crecimiento urbano que fomenta la unión de las periferias con la centralidad urbana.

## **Conclusiones**

Los nuevos conjuntos urbanos habitacionales pueden y deben ser un motor para el desarrollo sustentable y no un detonador de demanda excesiva de recursos, consumo de energías, productor de GEI y generador de desechos.

Al ser la urbanización y la creación de viviendas uno de los mayores consumidores de recursos y por ende de generación de contaminantes ambientales, es imperante el uso de estrategias para la sustentabilidad urbana. Existen sistemas básicos para la producción de energías alternativas y para el ahorro de recursos que no son fomentados por las instancias gubernamentales, que son quienes deben de rigidizar las políticas de vivienda y de desarrollo regional. Estos sistemas no elevan los costos de las viviendas si son bien diseñados y planificados, como las torres de ventilación, el uso de vegetación, de suelos permeables, entre otros que pueden usarse para regular temperatura al interior de los bloques de viviendas, y, al contrario, pueden reducir el costo por el uso de agua y energías convencionales.

Por otra parte, se resalta y reafirma que el considerar al agua como punto clave para la resiliencia permite obtener mejores resultados de una forma más integral debido a su influencia e interacción con los demás componentes del entorno ya sea natural o artificial.

Concretamente se pueden concluir con los siguientes puntos:

Implementar estrategias bioclimáticas y de sustentabilidad en los conjuntos urbanos direcciona a estos asentamientos hacia la resiliencia ante los efectos del cambio climático. Los asentamientos urbanos al ser sustentables mejoran la calidad de vida de las personas y las comunidades respecto a los aspectos económicos, sociales y ambientales.

El uso de vegetación o infraestructura verde en los conjuntos urbanos es infravalorado. Las aportaciones de este componente son

varias y muy significativas: contribución al ciclo hidrológico, mayor retención y filtración hídrica en el suelo, disminución de las islas de calor, aumento de humedad y confort ambiental, sombreado de las edificaciones, calidad visual, entre otras.

Se deben de considerar todos los factores que interaccionan el medio urbano-ambiental y en este caso, en la dinámica o ciclo del agua. La generación de energía eléctrica además de contribuir a la contaminación ambiental también demanda cantidades muy significativas de agua, situación que puede ser minorizada si se implementan sistemas sustentables de generación de energía en las viviendas, además de la disminución de la demanda al contar con estrategias pasivas de diseño para enfriamiento o calefacción.

El factor agua es medular para la realización de todas las actividades humanas y la subsistencia de los ecosistemas. La consideración de una mejor gestión hídrica mejora el confort, la calidad y la sustentabilidad en los asentamientos humanos.

Por lo anterior, se identifica que es imperante una nueva forma de intervención en la forma de construir vivienda en México, para lo cual se requiere de la obtención de resultados que puedan observarse a corto plazo y que no quede como una mera forma opcional de crear desarrollos habitacionales, sino que se generen políticas públicas que regulen esta forma de construir en el territorio y establezcan una obligatoriedad y rigidez en la implementación de estrategias sustentables para la mejora ambiental, de los socio-ecosistemas y de las comunidades urbanas.

## **Referencias**

- Aguilar, E. (2011). Con punto de acuerdo, por el que se exhorta a las dependencias que integran el grupo de Promoción y evaluación de desarrollos urbanos integrales sustentables a agilizar la Evaluación y, en su caso, aprobación y certificación de los proyectos de desarrollos urbanos Integrales sustentables en estudio, a cargo del diputado Efraín Ernesto Aguilar Góngora del grupo parlamentario del PRI. Disponible en: [http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2011/11/asun\\_2816406\\_20111108\\_1320776483.pdf](http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2011/11/asun_2816406_20111108_1320776483.pdf)
- Armendáriz, E., y Carrasco, H. (2019). El gasto en inversión pública de América Latina: Cuánto, quién y en qué. <https://doi.org/10.18235/0001816>
- Bear, R., Rintoul, D., Snyder, B., Smith-Caldas, M., Herren, C. y Horne, E., (2016). Biogeochemical cycles Disponible en: <http://cnx.org/contents/db89c8f8-a27c-4685-ad2a-19d11a2a7e2e@24.18>
- Comisión Nacional del Agua (2017). Los árboles y el agua, complicidad para la vida. Disponible en: <https://www.gob.mx/conagua/articulos/los-arboles-y-el-agua-complicidad-para-la-vida?idiom=es#:~:text=La%20relaci%C3%B3n%20que%20existe%20entre,para%20protegerlo%20contra%20la%20erosi%C3%B3n>.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2018). Ciudades verdes y sustentables. Disponible en: <https://www.gob.mx/conanp/articulos/ciudades-verdes-y-sustentables#:~:text=De%20acuerdo%20a%20la%20Organizaci%C3%B3n,habitante%20para%20garantizar%20su%20bienestar>.
- Comisión de Vivienda. (2019). Dictamen a la iniciativa con proyecto de decreto que reforma la Fracción IV y V del artículo 6, primer párrafo del artículo 11, adiciona un segundo párrafo al artículo 70, reforma

el primer párrafo del artículo 71 y reforma el artículo 74 de la Ley de Vivienda. Cámara de Diputados

Cruz, R. (2018). Modelo bioético para el análisis de la habitabilidad en la vivienda. Tesis. Universidad Autónoma del Estado de México

De Hoyos, J. (2010). La casa: origen de la conformación territorial: aportaciones epistemológicas al estudio del territorio. Gobierno del Estado de México

Dubbert, M. and Werner, C. (2019), Water fluxes mediated by vegetation: emerging isotopic insights at the soil and atmosphere interfaces. *New Phytol*, 221: 1754-1763. <https://doi.org/10.1111/nph.15547>

García, E. (2021). Urbanismo y Agua. PERSPECTIVAS IMTA N°. 25, 2021 DOI: [doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-25](https://doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-25)

García, S. y Zavala, M. (2021). Vivienda, un asunto de sustentabilidad urbana en México. *Rev. Arquít. (Bogotá)* vol.23 no.2 Bogotá July/Dec. 2021 Epub Feb 07, 2022. <https://doi.org/10.14718/revarq.2021.3474>

Gleason, J. (2017). Una perspectiva científica de la captación de agua de lluvia. Asociación Mexicana de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia A.C. “Panel de expertos en captación de agua de lluvia” Disponible en: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/08/Una-perspectiva-cientifica-de-la-captacion-de-lluvia-Arturo-Gleason.pdf>

Hernández, S. y Delgado D. (2010). Manejo sustentable del sitio en proyectos de arquitectura; criterios y estrategias de diseño. *Quivera Revista de Estudios Territoriales*, [S.l.], v. 12, n. 1, p. 38-51, abr. 2018. ISSN 2594-102X. Disponible en: <https://quivera.uaemex.mx/article/view/10210>. Fecha de acceso: 10 junio 2024

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), (2019). Disponible en: <https://www.gob.mx/imta/articulos/huella-hidrica>

Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal,

- (2017). Curso Introducción a la Sustentabilidad Urbana. Disponible en: <https://www.gob.mx/inafed/articulos/inscribete-en-el-curso-en-linea-introduccion-a-la-sustentabilidad-urbana>
- Martín, V. (2020). Una mirada a la relación entre agua y energía. Instituto de energía y desarrollo sustentable. República de Argentina.
- Mercado, F. (2009). Desarrollo de metodología para la evaluación de beneficios “sociales en desarrollos habitacionales sustentables. Indicadores parámetro respecto a la media nacional, la nueva forma federal para conjuntos habitacionales y las convenciones internacionales”. Universidad Autónoma Metropolitana. CONAVI
- ONU HABITAT (2022). La dimensión urbana de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Disponible en: <https://onuhabitat.org.mx/index.php/la-dimension-urbana-de-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible> Fecha de consulta: 03 de junio del 2024
- ONU HABITAT (2018). Ciudades Resilientes. Disponible en: “<https://onuhabitat.org.mx/index.php/ciudades-resilientes#:~:text=El%20concepto%20de%20resiliencia%20describe,la%20adaptaci%C3%B3n%20y%20la%20transformaci%C3%B3n>”. Fecha de consulta: 28 de mayo 2024
- ONU HABITAT (2025). La urbanización acelerada: claves para convertir la crisis en oportunidad. Recuperado de: <https://onu-habitat.org/index.php/la-urbanizacion-acelerada-claves-para-convertir-la-crisis-en-oportunidad>
- Padrón, A. y Cantú, P. (2009). El recurso agua en el entorno de las ciudades sustentables. CULCyT Sustentabilidad. Año 6, No 31
- Pedrozo, A. (2021). El nexos agua-energía en plantas termoeléctricas. Perspectivas IMTA N°. 27, 2021. DOI: [doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-27](https://doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-27)
- Quintana, M. (2016). Los Desarrollos Urbanos Integrales Sustentables y sus implicaciones en la segregación socio-espacial de la Ciudad de Tijuana. El caso de Valle de las Palmas. Tijuana más allá de la

- frontera. Anuario de Investigación del Posgrado en Urbanismo, Primera Época Edición: Año 3, Número 3. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rivas, A. y Langagne, E. (2012). Desarrollos Urbanos Integrales Sustentables (DUIS®): una opción para las futuras ciudades de México. Hábitat sustentable / Sergio Padilla Galicia y Víctor Fuentes Freixanet, compiladores. Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, 2012. (Colección Arquitectura y urbanismo internacional)
- Sánchez, R. (2007). Urbanización, cambios globales en el ambiente y desarrollo sustentable en América Latina. Instituto Nacional de Ecología. México Recuperado de: [https://www.iai.int/admin/site/sites/default/files/Book\\_Spanish.pdf](https://www.iai.int/admin/site/sites/default/files/Book_Spanish.pdf)
- SEMARNAT (2015). Lineamientos hacia la sustentabilidad urbana. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales
- SEMARNAT (2017). Qué es la huella ecológica. Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/que-es-la-huella-ecologica>
- Secretaría de Energía (SENER). (2018). PROGRAMA DE DESARROLLO DEL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL. Gobierno Federal
- Sociedad Hipotecaria Federal (2011). Desarrollos Urbanos Integrales Sustentables (DUIS). Disponible en: [https://www.cmic.org.mx/comisiones/sectoriales/vivienda/2011/shf/taller\\_duis/Presentaciones/Introducci%C3%B3n.pdf](https://www.cmic.org.mx/comisiones/sectoriales/vivienda/2011/shf/taller_duis/Presentaciones/Introducci%C3%B3n.pdf) Fecha de consulta 01 junio 2024

# Hacia un manejo sustentable de residuos sólidos urbanos en Tecaxic: un enfoque participativo

Mónica Olascoaga Sánchez <sup>1</sup>

Jesús Aguiluz León<sup>2</sup>

Roy Estrada Olivella <sup>3</sup>

## Introducción

El manejo sustentable de los residuos sólidos urbanos (RSU) es una tarea fundamental para la conservación del medio ambiente y la salud pública. En México, las políticas de gobierno buscan asegurar estos objetivos mediante un manejo sostenible de los residuos, la cual es responsabilidad compartida entre los tres niveles de gobierno, ya que deben supervisar el cumplimiento de las leyes y normativas relacionadas con la gestión de residuos, con el objetivo de fomentar el desarrollo sustentable en el país (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2020).

A pesar de que la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) establece que se deben promover acciones como reducción en la generación y la valorización de aquellos residuos que aun puedan ser aprovechados (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2003/2023). La realidad es que, la práctica más común en la mayoría de los municipios de México para gestionar los RSU sigue siendo la disposición final.

<sup>1</sup> Egresada del programa de la Maestría en Estudios Sustentables Regionales y Metropolitanos de la UA Universidad Autónoma del Estado de México, correo: monolsa@yahoo.com

<sup>2</sup> Profesor Investigador de Tiempo completo de la Universidad Autónoma del Estado de México, correo: jaguiluzl@uaemex.mx

<sup>3</sup> Profesor Investigador de Tiempo completo de la Universidad Autónoma del Estado de México, correo: estrada.roy@gmail.com

Dicho lo anterior, prevalece un manejo básico de los RSU, limitado a la recolección y disposición en rellenos sanitarios. Es decir, sin una adecuada implementación de políticas para la minimización, reutilización y reciclaje de estos. Este enfoque ha generado un problema que se agrava con el crecimiento poblacional y la expansión urbana como es el caso de Tecaxic, en el municipio de Toluca.

Es importante destacar que según el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos (DBGIR), elaborado por la SEMARNAT y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) (2020), en 2015, a nivel nacional, se registró una generación per cápita de residuos de 0.944 Kg por habitante por día, con una generación total estimada de 120,128 toneladas diarias. Esta cifra reflejó un incremento aproximado del 16.75% respecto a los datos reportados en 2012. Además, el diagnóstico advirtió que por día no fueron recolectadas 19,377 toneladas.

A nivel estatal y municipal se enfrentan desafíos en el manejo de residuos sólidos urbanos sin una correcta implementación de políticas orientadas a la prevención, minimización, reutilización, reciclaje y valorización de estos.

En el caso del Ayuntamiento de Toluca se reporta una cobertura del 90% en la recolección de residuos dentro de la cabecera municipal, sin embargo, esta cifra deja fuera a algunas zonas marginadas con asentamientos irregulares. Además, es importante mencionar que según el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Toluca 2018 (H. Ayuntamiento de Toluca, 2018; en adelante PMDU), el servicio en las zonas rurales está concesionado a empresas privadas.

La gestión de los residuos sólidos urbanos (RSU) constituye una problemática compleja que demanda una visión integral, orientado no solo a las particularidades del territorio, sino también al

involucramiento de la comunidad en la toma de decisiones y en las acciones cotidianas. En este sentido, la delegación de Tecaxic, en el municipio de Toluca, enfrenta desafíos que solo pueden abordarse de manera efectiva mediante la corresponsabilidad entre las instituciones gubernamentales y la ciudadanía. Aunque Tecaxic pertenece al municipio de Toluca, se presentan deficiencias en la recolección, valorización y disposición final de residuos, debido a que el servicio es muy irregular, lo que hace evidente la necesidad de una gestión más coordinada, incluyente y sustentable.

¿De qué manera se podría lograr la participación ciudadana en comunidades como Tecaxic, que han sido absorbidas por la mancha urbana, para lograr una adecuada gestión de residuos sólidos urbanos?

Esta investigación aborda la problemática de los residuos sólidos urbanos (RSU) en Tecaxic. Así mismo, se identifican los actores involucrados en el manejo de RSU y los componentes sociales e institucionales que deben integrarse al programa de gestión de residuos de manera sustentable. Finalmente, se formula una propuesta de un programa de gestión de RSU que permita la intervención participativa y sustentable de la comunidad.

## **Fundamento teórico**

En materia de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) es importante señalar que existen enfoques como la economía circular (EC) y el desarrollo sustentable (DS), conceptos como gestión integral, valorización y minimización de residuos, así como normativas relevantes como la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) en México y directrices internacionales como los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, que sientan las bases para un adecuado manejo de residuos sólidos urbanos en todas las etapas, tanto en el ámbito nacional como internacional. Sin embargo,

en la actualidad no existe un instrumento de planeación y ejecución que incluya medidas técnicamente viables, que sean ambientalmente eficientes, que sean aceptables para la sociedad, sustentables y que sean económicamente viables.

La economía circular emerge como un paradigma clave que ofrece un enfoque innovador para la gestión de residuos sólidos urbanos, al cambiar el modelo tradicional de producir, consumir y desechar a un modelo que promueve el cierre de ciclos mediante la reducción, la reutilización, reciclaje y recuperación de materiales, prolongando su vida útil en el sistema económico (Fundación Ellen MacArthur, 2019). La EC y el DS se encuentran estrechamente interconectados y comparten objetivos comunes. Ambos buscan crear un futuro próspero y sustentable para las personas y el planeta.

El DS, además, implica garantizar el bienestar de las generaciones presentes sin comprometer el de las futuras, por lo que promueve el uso eficiente y equitativo de los recursos naturales, así como encontrar un equilibrio de las dimensiones ambiental, social y económica.

Estos enfoques exigen cambios estructurales como el rediseño de productos, la innovación de procesos, la educación ambiental, pero sobre todo la corresponsabilidad entre sectores. En este sentido, los municipios desempeñan un papel central como articuladores de estrategias locales que vinculen a actores clave, incluyendo a la ciudadanía organizada.

Este trabajo se centra en analizar la importancia de la participación ciudadana para que de manera sustentable se logre un manejo de residuos sólidos urbanos en contextos comunitarios. Para ello, resulta importante comprender las distintas posturas respecto a la forma de la actuación política para detener el impacto del deterioro ambiental y lograr un desarrollo sustentable. Así mismo se aborda la importancia

del territorio, el desarrollo endógeno y la participación ciudadana para la formulación de políticas públicas para el desarrollo regional sustentable.

Según Cruz (2012), Garrido (1997, como se citó en Cruz, 2012) propone una tipología que abarca tres estrategias de política ambiental. En primer lugar, las políticas tecnocráticas-productivistas centradas en soluciones técnicas que consideran la crisis ecológica como un desafío abordable mediante avances tecnológicos y el aprovechamiento de oportunidades de mercado.

En segundo lugar, las políticas administrativas, que siguen una línea socialdemócrata y operan en los ámbitos político y jurídico, utilizando programas, organismos y agencias gubernamentales. En este caso, el papel principal lo desempeñan el Estado y los gestores públicos. Por último, las políticas alternativas, promovidas principalmente por organizaciones no gubernamentales, las cuales abogan por un cambio cultural y ético frente a la crisis ecológica, entendida como una crisis de civilización. Estas políticas proponen una democracia radical y cambios estructurales para prevenir el ecocidio. Aunque estas últimas tienen menor presencia institucional, poseen una fuerza simbólica y educativa considerable.

Dentro de la estrategia de política administrativa, Cruz (2012) plantea que, cuando las personas participan en acciones colectivas en grupos grandes, tienden a adoptar una actitud de “aprovechamiento gratuito” para evitar costos y responsabilidades, lo que lleva al fracaso de la acción colectiva. Esto se debe a que las interacciones individuales pueden generar resultados ineficientes, como se ilustra en el dilema del prisionero, donde dos prisioneros deben decidir entre confesar o no un crimen, enfrentando diferentes penas según la elección. Aunque la estrategia egoísta sería confesar y traicionar al otro, la cooperación beneficia a ambos como un resultado de equilibrio.

Sin embargo, Taylor (1987) sugiere que, en comunidades o grupos pequeños, la cooperación es más probable debido a la facilidad para monitorear el comportamiento de los demás. En el ámbito ambiental, el dilema de los prisioneros se aplica a la contaminación: si todos contaminan, el medio ambiente sufre. Pero si cooperan y adoptan prácticas sostenibles, todos se benefician (Cruz, 2012).

Desde la perspectiva de las estrategias alternativas, Cruz (2012) sostiene que muchas propuestas verdes privilegian el enfoque local y la participación democrática comunitaria, promoviendo pactos que respeten la diversidad y la equidad social, así como la recuperación de recursos comunes para una mayor sustentabilidad.

Por su parte, Morales et al. (2020) afirman que la política pública ha dejado de ser una acción exclusiva del gobierno para convertirse en un proceso complejo y participativo que involucra también a otros actores clave, como la ciudadanía, el sector privado, la academia y organismos internacionales. Este proceso debe ser flexible y participativo, con la ciudadanía actuando como coproductora y no solo como beneficiaria de las políticas. En concordancia con esta visión, se debe promover la participación ciudadana en la definición y evaluación de las políticas públicas. Así mismo reconocer la diversidad de actores sociales y sus iniciativas en la construcción del bien común (Aguilar, 2013; Morales, 2003).

En este sentido, la participación ciudadana se ha consolidado como un pilar fundamental en la gestión sustentable de RSU, especialmente en contextos comunitarios donde la cooperación es más factible. Juárez de la Rosa et al. (2023), evidencian en su investigación que la falta de esquemas de gobernanza ambiental en municipios como los de Oaxaca limita la eficacia en el manejo de residuos, resaltando la necesidad de involucrar activamente a la comunidad.

Ejemplos exitosos de participación ciudadana son evidentes, como el Centro de Acopio Comunitario del Bosque Urbano Tlaquepaque, gestionado por vecinos desde 2020, el cual, ha logrado recolectar más de 20 toneladas de materiales reciclables en sus primeros años de operación gracias a voluntarios y a la colaboración de escuelas locales. Además, promueve talleres de educación ambiental y campañas de limpieza en la comunidad, lo que fortalece la conciencia ecológica y el tejido social entre los habitantes de la zona (Reyes, 2024).

En el contexto urbano de la Ciudad de México, se ha implementado el Plan de Acción Basura Cero, con el objetivo de alcanzar una ciudad libre de basura para el año 2030. Este plan incluye estrategias como la separación de residuos, la prohibición de plásticos de un solo uso, el fomento de productos compostables, campañas de concientización ciudadana y un sistema de supervisión y sanciones (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México [SEDEMA], 2024).

Estas acciones demuestran que, tal como en el dilema del prisionero, la cooperación comunitaria puede superar conductas oportunistas o de “aprovechamiento gratuito”, lo que permite fomentar una gestión de residuos más justa y sostenible.

Si bien existen diferentes estrategias para lograr un DS es importante resaltar que estas pueden complementarse y sobre todo adecuarse dependiendo del contexto y del lugar donde se quieran implementar. Es por lo que es importante discutir la importancia del territorio para el desarrollo de políticas públicas para un desarrollo regional sustentable.

El concepto de territorio ha evolucionado a lo largo de la historia, se ha enriquecido con múltiples perspectivas teóricas y conceptuales que han dado lugar a una mejor comprensión de su significado. El concepto de territorio es fundamental en diversas disciplinas como la geografía, la sociología, la política, la planeación urbana y actualmente en el DS.

De acuerdo con Vergara-Romero et al., (2022), en las últimas tres décadas, el territorio y el espacio adquirieron un carácter social, como resultado de un proceso histórico y social de constante construcción, donde se reflejan las relaciones de poder. El concepto de territorio bajo esta perspectiva denota su carácter sistemático y evolutivo, características que se analizan mediante aspectos históricos, culturales, sociales, económicos, y políticos. Mazurek (2012) complementa esta visión al resaltar que el análisis territorial permite comprender las dinámicas sociales presentes en un espacio geográfico habitado.

Morales (2003) destaca que las políticas públicas regionales deben reconocer y promover las capacidades específicas de cada territorio, y que la pertenencia a un territorio no garantiza automáticamente la coordinación entre los actores locales. La mediación puede jugar un papel clave en facilitar el intercambio de experiencias y la construcción de conocimiento colectivo para promover el desarrollo regional sustentable.

En línea con esto, se ha desarrollado el concepto de desarrollo local endógeno, como un proceso de transformación social impulsado desde las comunidades, basado en la premisa de que “cada comunidad local se ha configurado históricamente a través de relaciones y vínculos de intereses de sus grupos sociales”, construyendo una identidad y cultura distintivas que las distinguen de otras comunidades (Vázquez, 2007). En este contexto, las comunidades pueden, por iniciativa propia, promover proyectos o ideas que les permitan utilizar sus recursos y capacidades para abordar sus necesidades y desafíos (Manet, 2014).

En este sentido, la gestión integral de residuos sólidos urbanos (GIRSU) es fundamental para el desarrollo sustentable de una región, al posibilitar la articulación de las dimensiones ambiental, social y económica mediante un esquema participativo. La adecuada gestión de RSU no puede considerarse como mera aplicación de técnicas, sino

como un proceso social que demanda la corresponsabilidad de los actores locales. Según la SEMARNAT (2020), en México se generan más de 120 mil toneladas de residuos sólidos al día, de los cuales únicamente el 9.6% se recicla, lo que evidencia un sistema deficiente que necesita implementar nuevas estrategias integrales, adaptadas a las realidades territoriales específicas. Es aquí donde la participación ciudadana reviste una importancia significativa, no solo como un instrumento operativo, sino como guía para que la comunidad se involucre con las políticas públicas.

Desde la perspectiva del desarrollo endógeno, las comunidades pueden crear modelos de gestión de residuos que se ajusten a su cultura, ambiente y recursos, que fomenten una economía circular local que valore los residuos como recursos. Tal como señala Chávez (2008), la participación facilita la construcción de estrategias colectivas con mayor aceptación social, que permitan cambios de hábitos y un compromiso duradero. De este modo, la incorporación de la participación ciudadana en la GIRSU mejora la eficiencia del sistema, fortalece a la comunidad y fomenta la sustentabilidad a nivel local.

Este enfoque, conocido como estrategias de “desarrollo desde abajo”, ha sido utilizado para combatir la pobreza y generar empleo al movilizar el potencial de desarrollo existente en el territorio y alentar la participación de la población en este proceso. Sin embargo, Vázquez (2007) sugiere que, aunque la visión de desarrollo autónomo del territorio sea optimista, es crucial reconocer que las políticas de desarrollo y las acciones públicas son más efectivas cuando se involucra a la ciudadanía. En ese sentido, el desarrollo endógeno permite promover el desarrollo regional sustentable, ya que las comunidades elaboran sus propias estrategias, lo que implica que el liderazgo y las decisiones surjan desde el seno de la comunidad misma (Morales, 2003; Chávez, 2008).

Finalmente, Chávez (2008) sugiere que los países en desarrollo requieren un nuevo modelo integral de desarrollo basado en participación local, la coordinación interinstitucional y la planificación estratégica a largo plazo. Así mismo, afirma que se requiere de una voluntad política concertada, así como un monitoreo y supervisión constante. Rodríguez Peñaloza (2011) complementa esta visión al destacar que el enfoque de desarrollo regional enfrenta a una variedad de desafíos sociales, económicos, ambientales y culturales, lo que requiere una estrategia integral respaldada por políticas públicas con realidades territoriales para lograr la viabilidad social, técnica, económica y ambiental del desarrollo regional sustentable.

## **Metodología**

Para la realización de la investigación se empleó una metodología mixta de carácter cualitativo basada en la investigación documental, al análisis de fuentes oficiales y la observación directa. En una primera etapa, se realizó un análisis del espacio territorial de Tecaxic a partir de datos demográficos, ambientales y socioeconómicos provenientes de instituciones públicas. Posteriormente, se abordó la problemática de los residuos sólidos urbanos (RSU), donde se examinó la situación actual del manejo de los RSU, considerando las implicaciones para la comunidad local y el ecosistema circundante. La observación directa permitió identificar prácticas cotidianas relacionadas con la gestión de residuos, así como deficiencias en los sistemas de gestión municipal disponibles. A su vez, se identificaron los actores involucrados en el manejo de RSU. Así como los componentes sociales e institucionales que deben integrarse al programa de gestión de residuos de manera sustentable.

Una vez que se obtuvo un diagnóstico de la situación actual del manejo de RSU en Tecaxic, incluyendo la identificación de los principales actores y las problemáticas más relevantes. Se formuló una

propuesta de programa de gestión de RSU sustentable que fomente la participación de la ciudadanía para lograr una adecuada gestión de residuos sólidos urbanos para Tecaxic en el municipio de Toluca.

### **Contextualización Territorial**

La delegación de Tecaxic pertenece al municipio de Toluca, en el Estado de México Se localiza a los 19° 19' 22" de latitud norte y 99° 42' 55" de latitud oeste. Cuenta con una superficie de 916 hectáreas. La localidad se encuentra a una altura media de 2691 metros sobre el nivel del mar. Tecaxic colinda con la delegación de Calixtlahuaca, municipio de Toluca al oriente y con los municipios de Zinacantepec y Almoloya de Juárez al poniente en el Estado de México.

La geografía de Tecaxic está marcada por su ubicación en la zona montañosa del Estado de México. Cuenta con el río Tecaxic considerado de corriente menor, que se forma a partir de algunos arroyos como el de San Marcos y otros de carácter temporal (H. Ayuntamiento de Toluca, 2019). Además, su proximidad a la ciudad de Toluca ha tenido un impacto en el desarrollo urbano y en la conectividad regional.

La demografía de Tecaxic refleja una combinación de tradición y cambio. La población total es de 3,687 personas en 2020, con un total de 1,123 viviendas. Su densidad de población es de 40 habitantes por hectárea. El tamaño de la localidad es de 2500 y más habitantes (INEGI, 2020). Según el Plan de Desarrollo Municipal 2016- 2018, Se le ubica dentro de un nivel medio de marginación, con un índice de marginación de escala 0 a 10 de 7.6646, (H. Ayuntamiento de Toluca, 2016).

Esta localidad representa el 0.40% del total de la población del municipio de Toluca, con 48.98% de hombres y 51.02% de mujeres (IMPLAN Toluca, 2021). La población aún mantiene vínculos culturales con sus antepasados. Sin embargo, la migración hacia áreas urbanas en

busca de oportunidades económicas ha llevado a una diversificación de la población y a cambios en la estructura social. Esto se ve reflejado en la cantidad de población indígena en Tecaxic que solo representa el 0.08% del municipio de Toluca (H. Ayuntamiento de Toluca, 2021).

La palabra Tecaxic, proviene de tetl piedra, y caxitli vasija, que significa “vasija de piedra”. Su historia se remonta a épocas prehispánicas.

En términos económicos, Tecaxic ha experimentado una transformación gradual. La composición edafológica de Tecaxic ha permitido que el sector primario sea el más importante, motivo por el cual esta zona fue importante para los asentamientos prehispánicos. El tipo de suelo es vertisol, considerado altamente productivo para el desarrollo agrícola. Por lo general estos suelos son muy fértiles, ya que tienen alto contenido de arcilla, pero con condicionantes para el desarrollo urbano, ya que representan altos costos de urbanización (H. Ayuntamiento de Toluca, 2019).

De acuerdo con el Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) del municipio de Toluca (PMDU, 2018), el proceso de estructuración urbana en Tecaxic se considera de asentamientos urbanos aislados, con servicios básicos aun deficientes debido a las pendientes pronunciadas y un uso de suelo que en su mayoría es agrícola. Además, esta zona cuenta con cuerpos de agua que siguen siendo usados para riego. Sin embargo, el campo se ha visto abandonado, debido a la cercanía con los municipios de Zinacantepec y Almoloya de Juárez, así como con la ciudad de Toluca, donde los habitantes pueden desplazarse para emplearse dejando las actividades agrícolas.

El aumento de población en dicha localidad, aunado al crecimiento de desarrollos habitacionales cercanos a esta comunidad, así como la cercanía con otros municipios como Zinacantepec y Almoloya; ha dado

como resultado el incrementado los RSU y su complejidad en materia de reducirlos y controlarlos debido a las ineficiencias operacionales en cada etapa del manejo de estos.

### **Caracterización del Problema de Residuos Sólidos en Tecaxic**

Prevalece el manejo básico de los RSU en el municipio de Toluca, que se limita a recolectar y disponer los residuos en los llamados rellenos sanitarios, esto aunado a una inadecuada práctica de políticas para minimización, reúso y reciclado de RSU; lo que ha dado como resultado un problema que se agrava a medida que la población crece y se amplía la mancha urbana.

Según datos del Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos (SEMARNAT & INECC, 2020), los municipios con población en un rango de 50 a 100 mil habitantes tienen una generación per cápita de residuos domiciliarios de 0.635 kg/Hab/día, lo cual corresponde al Municipio de Toluca de acuerdo con el tamaño de Población de 910,608 habitantes de acuerdo con el último censo de población INEGI (2020).

Por otro lado, el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Toluca afirma que “en el municipio de Toluca se generan aproximadamente 1,050 toneladas diarias de residuos sólidos” (PMDU, 2018, p. 310). Lo que significa que, considerando el tamaño de población en el municipio de Toluca, se está generando por persona 1.15 kilogramos de RSU por día. En particular, para el caso de Tecaxic, se estima un aproximado de 4, 240 kilos por día.

El problema de Residuos Sólidos (RSU) de la delegación de Tecaxic del Municipio de Toluca se vincula con problemas de contaminación de agua, aire, suelo; falta de cultura ambiental; la ausencia de políticas públicas efectivas; el deterioro de la imagen urbana y la gestión territorial, entre otros factores. Es fundamental mitigar el impacto

ambiental y generar cambios en la colaboración entre los diversos actores. Solo a través de una participación corresponsable será posible transformar patrones de comportamiento y paradigmas culturales.

La operación actual del manejo de RSU en Tecaxic, contempla solo las etapas de recolección domiciliaria en acera en algunas ocasiones por el ayuntamiento y otras veces por una empresa que se dedica a recoger los RSU a cambio de dinero. Lo que da como áreas de oportunidad la separación, acopio y reciclaje de RSU. Se observa disposición de desechos al aire libre, en los caminos y en el río Tecaxic, que genera contaminación ambiental y del suelo (mantos freáticos, proliferación de fauna nociva); lo cual impacta negativamente a la salud humana y al medio ambiente. Así mismo hay problemas relacionados con una escasa cultura ambiental, falta de políticas públicas eficientes y una inadecuada imagen urbana.

Indiscutiblemente, la acumulación de residuos sólidos urbanos no gestionados conlleva a la contaminación del suelo y del agua, lo que afecta negativamente a los ecosistemas locales, como ríos y áreas de pastoreo. Además, la quema de residuos genera emisiones tóxicas que dañan la calidad del aire. Adicionalmente, la presencia de residuos de forma descontrolada atrae a vectores de enfermedades y crea condiciones insalubres que pueden poner en peligro la salud de la población local.

Una Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU), es el proceso encargado de mitigar y minimizar los riesgos de la salud en la población, y se visualiza en conjunto tanto con factores económicos como ambientales que deben considerarse en la gestión de residuos (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2003/2023). Al contar con un programa para el manejo integral de estos es posible contar con acciones para evitar la disposición en sitios no controlados para crear opciones más sostenibles en el manejo de los residuos de

forma integral. Es necesario un programa que fomente la participación de la comunidad y vincule a las autoridades con la sociedad para una adecuada implementación.

### **Actores involucrados en el manejo de residuos sólidos urbanos**

La gestión integral de residuos implica la participación de diversos actores, tanto de manera directa como indirecta. Cada uno de ellos desempeña funciones específicas dentro del sistema, motivados por distintas perspectivas e intereses respecto a los residuos. Según la Asociación Internacional de Residuos Sólidos (ISWA, 2015), los actores involucrados en la gestión de residuos incluyen a los gobiernos municipales, regionales y nacionales; generadores de residuos o también llamados usuarios de servicios; la sociedad civil y las organizaciones no gubernamentales (ONG), así como aquellos que intervienen en el manejo de RSU.

Se analizan los principales agentes y redes que se han formado a través del tiempo y que están involucradas en el manejo de los residuos sólidos urbanos (RSU) en esta comunidad. Es importante mencionar que dentro de estos agentes o actores en materia de RSU se incluyen formas de organización social y marcos institucionales estratégicos para el desarrollo endógeno territorial.

### **Usuario**

En primer lugar, se identifican como principales agentes los usuarios de bienes y servicios, que son parte de la comunidad, así como las personas que transitan por Tecaxic para dirigirse a otras comunidades cercanas. Estas personas son los generadores de residuos y en el caso de los habitantes de Tecaxic representan los principales afectados por la contaminación ambiental y los problemas de salud que esto representa. Se observa la disposición de desechos al aire libre, en los caminos y en el río Tecaxic.

Desde un enfoque participativo, los usuarios pasan de ser receptores pasivos del servicio de limpieza a ser actores corresponsables en el diseño, vigilancia y evaluación de las políticas públicas en la materia. Esto implica el conocimiento de sus derechos, como el acceso a un entorno limpio, y de sus deberes, como el cumplimiento de normativas locales y el pago por los servicios prestados. Las comunidades se deben sujetar a las normas que las autoridades competentes emitan en la materia.

## **Gobierno**

El municipio de Toluca es el responsable de la gestión de RSU generados en hogares, comercios y otras actividades con desechos similares, dentro de los límites de su territorio. Son los responsables por la prestación de servicios de recolección y transporte de RSU, así como la limpieza de las vías y espacios públicos (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2003–2023). El gobierno es el que crea el marco político, quien planifica y prepara la estructura legal de apoyo donde se abordan los RSU y define los instrumentos a utilizar para la implementación.

En este sentido el institucionalismo es importante ya que las economías funcionan siguiendo normas e instituciones, ya sean formales e informales (North, 1993) y estas se van creando conforme se van desarrollando las sociedades, la cultura y el sistema productivo de una región. Sin embargo, las formas actuales de gestionar los RSU no han sido efectivas y más bien se han quedado cortas para poder reducir la problemática socioambiental que se genera. Aun cuando existen proyectos para implementar una gestión integral de los residuos sólidos urbanos, existe una ruptura en la continuidad de las acciones y el aprendizaje debido al corto tiempo de las administraciones municipales, la falta de personal capacitado, así como dificultad para comprometer recursos financieros que den certeza a inversiones del sector privado (SEMARNAT, 2020).

En el marco jurídico mexicano, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) establece que sus disposiciones son reglamentarias y su objetivo asegurar el derecho de la población a un medio ambiente sano, promoviendo el desarrollo sustentable mediante acciones enfocadas en la prevención, valorización y gestión integral de los residuos sólidos urbanos, peligrosos, mineros y metalúrgicos, y de manejo especial, así como prevenir la contaminación y la remediación ambiental (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2003/2023).

En dicha ley se menciona que corresponden a la federación, las entidades federativas y a los municipios establecer los mecanismos para la prevención, valorización y gestión integral de residuos. La LGPGIR también establece que se debe promover la participación corresponsable de los sectores sociales para lograr una gestión integral de residuos adecuada.

### **Prestador de servicio**

Son todos aquellos que proporcionan los servicios relacionados al manejo de residuos sólidos urbanos (RSU) pueden ser privados o públicos, formales e informales, pequeños o grandes. Algunos ejemplos de actores dentro de este sector incluyen desde recicladores o acopiadores, comercializadores, industrias recicladoras, operadores de recolección y disposición final.

En México existe una red de recolección de residuos sólidos que representan problemas sociales, económicos y ambientales. En esta estructura existen relaciones de poder dentro de la red de recolección de RSU y los más afectados son los más pobres, que quedan atrapados en la red de lo formal como de lo informal, de la recolección de residuos (Salviani & González, 2009). Muchos son los factores que han creado una red informal de recolección de RSU, algunos de ellos, la falta de

conciencia en el cuidado del ambiente, la urgencia de contar con una limpieza de las calles y sobre todo la capitalización de la basura. Esta red de recolección es considerada como una manifestación de la estructura sociopolítica en nuestro país, la cual está dividida en sector público, privado, trabajadores y por último el sector informal, este último permea tanto en la recolección como en el tratamiento de residuos (Frykman, 2006).

*“El proceso de recolección de desechos sólidos es prestado tanto por la administración municipal, como por recolectores particulares y se realiza en siete zonas estratégicas del municipio y en la vía pública a través de los jefes de sector, que tienen como función recoger la basura de los tiraderos clandestinos y de las áreas que no fueron cubiertas por las unidades recolectoras” (PMDU, 2018, Pp. 163).*

En las zonas rurales del municipio se presenta una cobertura del 33% para la recolección de RSU, esto debido a que en algunas zonas existen asentamientos ubicados sobre las laderas de los montes con pendientes altas complicando la prestación del servicio, esto aunado a la falta de una traza urbana que impide el establecimiento de rutas. Cabe mencionar que el propio Plan Municipal de Desarrollo Urbano, indica “que el servicio de recolección en la zona rural esta concesionado y se lleva a cabo con 11 camiones” (PMDU, 2018, p.164).

El Municipio de Toluca cuenta con 211 rutas de recolección de residuos sólidos en las 47 delegaciones municipales con un total de 13,622 puntos de recolección con un promedio de puntos de recolección por delegación de 289 puntos, donde Tecaxic tiene 2 puntos de recolección (H. Ayuntamiento de Toluca, 2021).

Durante los recorridos realizados en la comunidad, se observó que el ayuntamiento no dispone de camiones concesionados para la recolección de residuos, pero cuenta con una unidad propia para este fin en la delegación. Asimismo, no fue posible ubicar los dos

puntos de recolección señalados en el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Toluca (PMDU) de 2018. Sin embargo, el ayuntamiento proporciona un contenedor temporal que se coloca junto a la iglesia durante una semana en el mes de agosto durante de las fiestas patronales del pueblo.

La delegación de Tecaxic enfrenta deficiencias en la recolección y valorización de residuos dado que el servicio es muy irregular y una disposición final inadecuada. La operación actual del manejo de RSU en Tecaxic, contempla solo las etapas de recolección domiciliaria en acera, realizada sin separación en la fuente, dando como resultado una gestión mezclada de desechos. Esta recolección es llevada a cabo en algunas ocasiones por el ayuntamiento y otras veces por camiones privados que se dedican a recoger los residuos a cambio de dinero, los cuales pasan con mayor frecuencia.

Los camiones de recolección, que forman parte del sector formal, crean asociaciones con recolectores independientes y generan así un primer contacto a la informalidad (Salviani & González, 2009). Se permite la pepena en las rutas de recolección, lo cual está prohibido, de acuerdo con el reglamento del municipio.

El municipio de Toluca no cuenta con centros de transferencia y los residuos recolectados son llevados a rellenos sanitarios privados ubicados en otros municipios para su disposición final.

*“Actualmente en el municipio de Toluca no se cuenta con un sitio de disposición final propio, para lo cual se tiene la necesidad de contratar empresas que cuenten con el servicio en materia de disposición final y apegada a la normatividad vigente para la recepción y tratamiento de residuos sólidos municipales; mismos que están ubicados en: Relleno sanitario “la Estación” en el municipio de San Antonio la Isla, antiguo camino a Calimaya s/n, paraje los cruzados. Relleno sanitario de mantenimientos y servicios ambientales, en el municipio de Zinacantepec, carretera Toluca Zitácuaro, kilómetro 11.5” (PMDU, 2018, p.164).*

En términos de poder, los RSU se convierten en un medio para establecer relaciones económicas en algunos niveles. En las primeras etapas del ciclo se establece un nexo económico cuando a los recolectores, ya sean empleados formales o voluntarios se les da una propina. Los conductores o recolectores que son contratados legalmente por el municipio de Toluca generalmente van acompañados de ayudantes también contratados por el municipio, aunque es habitual que los asistan otros ayudantes que son empleados de manera directa por el conductor para clasificar los residuos reciclables. El conductor, quien además de su salario formal, es capaz de multiplicar su ingreso por la venta del material recolectado, además establece una forma de liderazgo, ya que vincula el sector formal con el informal, al permitir desde su posición formal el obtener ingresos para otros de manera informal.

### **Sociedad Civil, organizaciones no gubernamentales (ONG) y otros actores comunitarios**

En este apartado se reconoce como la ciudadanía organizada representa un factor fundamental en la gestión integral de residuos sólidos urbanos y en la construcción del desarrollo local. Los pobladores pueden representarse por organizaciones comunitarias, organizaciones no gubernamentales de defensa ambiental y líderes de la comunidad que actúan como enlace entre la comunidad y las instituciones gubernamentales.

A continuación, se identifica la forma en que los pobladores de Tecaxic se unen para resolver problemas y satisfacer necesidades locales. Se incluyen casos que ejemplifican como las formas de organización social y marcos institucionales han sido estratégicos para el desarrollo endógeno territorial.

## **Formas de organización social y marcos institucionales estratégicos para el desarrollo endógeno territorial**

La delegación de Tecaxic se distingue por su capacidad de organización comunitaria para atender aquellos asuntos que confieren a sus intereses locales. Asimismo, han creado instituciones locales ya sea formales o informales que regulan sus relaciones internas y orientan las decisiones colectivas. Estas prácticas han fortalecido la autonomía de la comunidad frente a intereses externos y han permitido a los pobladores influir directamente en asuntos importantes para su territorio. Se incluyen algunos ejemplos que se identificaron en la comunidad:

- **Gestión comunitaria del agua:** Históricamente, los habitantes de Tecaxic ejercen control sobre el acceso al agua potable y deciden quien puede contar con toma de agua. Esta acción ha sido clave para impedir la expansión de desarrollos inmobiliarios a gran escala, como ha ocurrido en los municipios colindantes de Zinacantepec y Almoloya de Juárez. De acuerdo con el Organismo Público Descentralizado de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del Municipio de Toluca, Tecaxic pertenece al comité local 25, para el abastecimiento de agua.
- **Rechazo a proyectos:** La comunidad se negó a la propuesta de que el municipio de Toluca instalará un relleno sanitario cerca de esta delegación, de tal forma que ejercieron su derecho a decidir sobre el uso del suelo y la calidad ambiental de su entorno.
- **Participación en mecanismos de supervisión ciudadana:** Los pobladores han formado parte de los Comités de Control y Vigilancia (Cocicovis), que son mecanismos diseñados para la supervisión de obras públicas dentro de la comunidad para propiciar la participación ciudadana. En 2015, la delegación participó activamente en tres ocasiones, según el Plan de Desarrollo Municipal de Toluca 2016–2018 (H. Ayuntamiento de Toluca, 2016).

- **Gestión colaborativa en la construcción de banquetas y guarniciones:** La colaboración entre el delegado como mediador del pueblo ante las autoridades municipales permitió contar con el apoyo del ayuntamiento para obtener materiales de construcción destinados a banquetas y guarniciones. La comunidad acordó aportar la mano de obra, consolidando la corresponsabilidad.
- **Iniciativas individuales con potencial comunitario:** Aunque en materia de RSU no se han identificado iniciativas por parte de la comunidad hasta el momento, se observan acciones aisladas que reflejan una incipiente conciencia ambiental. Un ejemplo de ello es una vivienda y estudio fotográfico que se encuentra al lado de la parada de autobuses, la cual cuenta con dos contenedores diferenciados para residuos orgánicos e inorgánicos, acompañados del mensaje: “Cuidemos nuestro medio ambiente”. Este tipo de prácticas, aunque individuales, pueden sentar las bases para futuras estrategias comunitarias de manejo responsable de residuos.

## **Resultados y Propuesta**

El estudio del territorio de Tecaxic permitió identificarlo como un espacio tanto social como ambiental, en el que interactúan múltiples actores con intereses y demandas particulares. En este sentido, la gestión integral de los residuos sólidos urbanos (GIRSU) representa un desafío que demanda una visión integral, que tome en cuenta las particularidades propias del territorio y promueva la implicación activa de la comunidad.

La participación de la comunidad es fundamental para gestionar de manera eficiente los residuos sólidos urbanos (RSU) en localidades como Tecaxic, donde el crecimiento urbano ha transformado su dinámica. Este involucramiento permite tomar decisiones informadas, desarrollar estrategias sustentables y fortalecer el sentido de pertenencia en la población respecto al proceso de gestión de residuos.

Se propone un Programa de Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) en Tecaxic, Municipio de Toluca, que promueva la participación comunitaria y abarque diversas estrategias:

- **Educación Ambiental:** Se debe crear conciencia y la educación Ambiental permite impulsar la participación de la sociedad en la mejora del entorno, promoviendo una visión que articule la conservación del medio ambiente con el desarrollo económico y el bienestar social (Alcalá & Gutiérrez, 2020). Para lograr la participación ciudadana es necesario que se de las herramientas necesarias para que puedan tomar decisiones informadas y actuar en la gestión de residuos con conciencia ambiental mediante campañas educativas que resalten la importancia de reducir, reutilizar y reciclar los residuos, promoviendo una cultura de gestión sustentable.
- **Gobernanza ambiental participativa y corresponsabilidad en la gestión de residuos:** La gestión de residuos sólidos urbanos (RSU) enfrenta crecientes desafíos y la gobernanza ambiental participativa representa una alternativa frente al enfoque tradicional verticalista de las políticas de gobierno. Este enfoque prioriza la corresponsabilidad, la transparencia, la deliberación colectiva y el empoderamiento de los actores locales. En el caso de Tecaxic, este enfoque implica que las autoridades, la comunidad y actores del sector privado y social deben compartan responsabilidades en el diseño, implementación y monitoreo de estrategias para la gestión de residuos.
- **La participación de la ciudadanía** permite no solo fortalecer la legitimidad de las decisiones, sino que permite la implementación de las políticas públicas relacionadas con la gestión de residuos y que la comunidad se apropie de las mismas. Entre los mecanismos participativos se pueden conformar de comités ciudadanos para vigilancia ambiental, impulsar proyectos piloto de separación y valorización de residuos, así como centros de

acopio comunitario y presupuestos participativos enfocados en sistemas de gestión y campañas de educación ambiental. Respecto a la corresponsabilidad entre todos los actores en el manejo de RSU, se propone creación de mesas de trabajo entre los diversos actores involucrados para facilitar la identificación de problemas, la propuesta de soluciones desde el territorio y el seguimiento comunitario de las acciones.

- **Articulación político-institucional:** Se requiere articular un entorno político-institucional adecuado para lograr la corresponsabilidad de los diferentes actores involucrados en la promoción de la eficiencia del programa de GIRSU (Da Costa Pimienta, 2022). Es prioritario concientizar a los diferentes actores involucrados en el manejo de residuos sólidos urbanos y la importancia de un verdadero proyecto político que vaya de la mano con la implementación de un proyecto cultural de manera paralela para la localidad de Tecaxic.
- **La sensibilización y capacitación de actores en el manejo de RSU** es un paso importante para consolidar un proyecto común en donde prevalezca la colaboración sin importar la fragmentación institucional. Además, se requiere construir un sujeto colectivo, es decir, un “nosotros” que pueda involucrarse de manera consciente y activa en la toma de decisiones en asuntos que afecten el entorno local (Morales et al., 2020). Esta construcción colectiva debe incorporar la diplomacia territorial y la cooperación intermunicipal con la finalidad de atender la gestión de residuos de manera integral y adaptada a las características sociales y culturales de Tecaxic (Cuervo & Williner, 2009).
- **Mejora de sistemas de gestión de RSU:** Se propone implementar un sistema de recolección selectiva que fomente la separación en la fuente, junto con el fortalecimiento de los servicios de tratamiento y disposición final. Las estrategias incluyen ampliar la cobertura y mejorar la eficiencia de la recolección para prevenir la quema de residuos y reducir su impacto ambiental. Así mismo, se plantea el establecimiento

de puntos de acopio adecuados para impulsar el reciclaje y el fomento al compostaje comunitario, contribuyendo así a un modelo de gestión más sostenible. Se sugiere la creación de un comité de gestión de RSU y la realización de talleres y capacitaciones para involucrar a la comunidad.

- Fomento de la Responsabilidad Individual y participación colectiva: Se busca incentivar a la población para que asuma la responsabilidad de desechar adecuadamente sus residuos y no contaminar áreas naturales. Se propone que los habitantes de Tecaxic participen en la separación de residuos reciclables y se beneficien económicamente de ello. Morales et al. (2020) sostiene que “actuar sobre las capacidades de un territorio (sus actores) apunta a resignificar sus geometrías de poder aportando a ampliar la participación (tanto en número como en capacidad y competencias) permitiendo construir procesos colectivos con una mirada de desarrollo cada vez más inclusiva, empoderada y sostenible” (p.30).
- Monitoreo y mejora continua: Es fundamental implementar medidas para la promoción de la mejora continua, así como establecer mecanismos de control, verificación y, en especial de difusión, con el fin de asegurar el cumplimiento de la política pública relacionada con el programa de gestión integral de residuos (Da Costa Pimienta, 2022).

## **Conclusiones**

Se propone un programa integral de gestión de residuos sólidos urbanos (RSU) en Tecaxic, municipio de Toluca, que fomente la participación comunitaria y aborde diversas estrategias. El texto destaca la importancia de concienciar a la población sobre la reducción, reutilización y reciclaje de residuos, así como de establecer un marco político-institucional adecuado para garantizar la colaboración de los diferentes actores involucrados. Se enfatiza la corresponsabilidad en el manejo de los RSU y se proponen acciones concretas para mejorar

los sistemas de gestión de residuos, promover la responsabilidad individual, así como la participación colectiva y garantizar una mejora continua en el programa. Además, se mencionan consideraciones adicionales, como entender el contexto cultural y social de Tecaxic, apoyar el liderazgo local, establecer una comunicación efectiva y proporcionar capacitación a la comunidad. En resumen, el objetivo es implementar un programa efectivo de manejo de RSU que promueva la participación comunitaria, que proteja el medio ambiente y contribuya al desarrollo sustentable de la comunidad.

## Referencias

- Aguilar Villanueva, L. (2013). Gobernar por políticas públicas. Abstractk Reflecktions Filosofía-sociología-antropología-política. <https://variacioness.wordpress.com/2013/01/31/gobernar-por-politicas-publicas/>
- Alcalá, M. J., & Gutiérrez, J. D. (2020). El desarrollo sostenible como reto pedagógico de la universidad del siglo XXI. *Revista Andaluza de Ciencias Sociales*, (21), 59–80. [https://www.researchgate.net/publication/338344810\\_El\\_Desarrollo\\_Sostenible\\_como\\_Reto\\_Pedagogico\\_de\\_la\\_Universidad\\_del\\_Siglo\\_XXI](https://www.researchgate.net/publication/338344810_El_Desarrollo_Sostenible_como_Reto_Pedagogico_de_la_Universidad_del_Siglo_XXI)
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2003/2023). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR). Diario Oficial de la Federación. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPGIR.pdf>
- Chávez, W. (2008). Políticas públicas para un desarrollo endógeno, sustentable en países en desarrollo. *Contribuciones a la Economía*, 1–9. <http://municipios.unq.edu.ar/modules/mislibros/archivos/Chavez2.pdf>
- Cuervo González, L., & Williner Martina, A. (2009). Políticas e instituciones para el desarrollo económico territorial. *LIDER*, 11(15), 57–83.

- Cruz Petit, B. (2012). Estrategias de políticas públicas para el desarrollo sustentable, una visión crítica. *Telos*, 14(3), 346–363. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99324907008>
- Da Costa Pimienta, C. C. (2022). La economía circular como eje de desarrollo de los países latinoamericanos. *Revista Economía y Política*, (35), 1–18.
- Frykman, C. (2006). *The power of waste: A study of socio-political relations in Mexico City's waste management system* [Tesis de maestría, Uppsala University]. Uppsala University, Department of Cultural Anthropology and Ethnology.
- Fundación Ellen MacArthur. (2019). El progreso hacia una economía circular: Un informe global. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/>
- H. Ayuntamiento de Toluca. (2016). Plan de Desarrollo Municipal de Toluca 2016–2018. <https://www2.toluca.gob.mx/wp-content/uploads/2021/06/Tol-pdf-upl-pdm-2016-2018.pdf>
- H. Ayuntamiento de Toluca. (2018). Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Toluca (PMDU). [http://seduo.edomex.gob.mx/sites/seduo.edomex.gob.mx/files/files/DOCUMENTO%20PMDU%20\(1\).pdf](http://seduo.edomex.gob.mx/sites/seduo.edomex.gob.mx/files/files/DOCUMENTO%20PMDU%20(1).pdf)
- H. Ayuntamiento de Toluca. (2019). Plan de Desarrollo Municipal de Toluca 2019–2021. *Gaceta Municipal Especial*, (06/2019).
- H. Ayuntamiento de Toluca de Lerdo. (2021). *Numeralia municipal: Estadísticas básicas del municipio de Toluca*. <https://www2.toluca.gob.mx/wp-content/uploads/2022/02/num-muni-2021pdf.pdf>
- IMPLAN Toluca. (2021). Información sociodemográfica del municipio de Toluca de acuerdo a ITER de censo de localidades de población y vivienda 2020, INEGI. <https://www2.toluca.gob.mx/wp-content/uploads/2021/08/tol-pdf-umplan-Informacion-sociodemografica-Toluca-2020-IMPLAN.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). Censo

- Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México 2020. <https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2020/>
- ISWA. (2015). *Global Waste Management Outlook*. United Nations Environment Programme.
- Juárez de la Rosa, J., Medina Martínez, H., Taboada González, P., Aguilar Virgen, Q., & Márquez Benavides, L. (2023). Gobernanza ambiental en la gestión de residuos sólidos de los municipios en Oaxaca, México. *Acta Universitaria*, 33, 1–19. <https://doi.org/10.15174/au.2023.3704>
- Manet, L. (2014). Modelos de desarrollo regional: teorías y factores determinantes. *Nóesis. Revista de Ciencias Sociales*, 23(46), 18–56.
- Mazurek, H. (2012). *Espacio y territorio: Instrumentos metodológicos de investigación social* (2.<sup>a</sup> ed.). Fundación PIEB.
- Morales Barragán, F. (2003). Desarrollo regional sustentable: Una reflexión desde las políticas públicas. *Revista Digital Universitaria*, 4(6), 1–12. [http://www.revista.unam.mx/vol.4/num6/art14/oct\\_art14.pdf](http://www.revista.unam.mx/vol.4/num6/art14/oct_art14.pdf)
- Morales, C., Pérez, R., Riffo Pérez, L., & Williner, A. (2020). Desarrollo territorial sostenible y nuevas ciudadanías: Consideraciones sobre políticas públicas para un mundo en transformación (pp. 5–34). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46579/S2000901\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46579/S2000901_es.pdf)
- North, D. C. (1993). *Instituciones, cambio institucional y desempeño económico*. Fondo de Cultura Económica.
- Reyes, H. (2024, 4 de julio). En Tlaquepaque, primer Punto Verde de la zona metropolitana de GDL. *Quadratín Jalisco*. <https://jalisco.quadratin.com.mx/principal/en-tlaquepaque-primer-punto-verde-de-la-zona-metropolitana-de-gdl/>
- Rodríguez Peñaloza, M. (2011). *Importancia del enfoque de políticas*

- públicas para un desarrollo sustentable. En 16° Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional en México, AMECIDER 2011, Universidad Veracruzana, Campus Xalapa, 18 al 21 de octubre de 2011 (pp. 1-14).
- Salviani de Boseck, S., & González, G. (2009). Economías informales en la Ciudad de México: La red de la basura. *Gestión y Ambiente*, 12(1), 61-73.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2020). Acciones y programas: Información sobre RSU. <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/residuos-solidos-urbanos-rsu>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) & Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2020). Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos. <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/diagnostico-basico-para-la-gestion-integral-de-los-residuos-2020>
- Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA). (2024). Plan de acción Basura Cero: Hacia una economía circular. <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/basura-cero>
- Taylor, M. (1987). *The possibility of cooperation*. Cambridge University Press.
- Vázquez Barquero, A. (2007). Desarrollo endógeno: Teorías y políticas de desarrollo territorial. *Investigaciones Regionales - Journal of Regional Research*, (11), 183-210. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28901109>
- Vergara-Romero, A., Morejón-Calixto, S., Márquez-Sánchez, F., & Medina-Burgos, J. (2022). Economía del conocimiento desde la visión del territorio: Knowledge economy from the perspective of the territory. *Revista Científica Ecociencia*, 9(3), 37-62. <https://doi.org/10.21855/ecociencia.93.680>



# Los sistemas urbanos de drenajes sostenible como complemento para el manejo de recurso hídrico en Ciudad de México

Adrián Giovanni Trejo González<sup>1</sup>

## Introducción

Históricamente, los sistemas de drenaje se han centrado en canalizar y expulsar rápidamente grandes volúmenes de agua fuera de las áreas urbanas, una tarea cada vez más complicada debido a factores como la expansión urbana, el aumento de superficies impermeables, la disminución de áreas verdes y de zonas de infiltración de agua de lluvia (Estrada-Díaz, 2018). Esto plantea un desafío global para las ciudades, donde uno de los problemas más difíciles es suministrar agua potable de manera eficiente a los residentes, lo que provoca una presión considerable sobre las fuentes de agua superficial y subterránea, además de daños difíciles de cuantificar y reparar. La Ciudad de México (CDMX) enfrenta estos problemas, con preocupantes niveles de extracción de aguas subterráneas e inundaciones frecuentes, lo que subraya la necesidad de utilizar los recursos de manera más racional. Sin embargo, es crucial adoptar una perspectiva más amplia que considere las condiciones geográficas, climáticas y ambientales de cada región para lograr un desarrollo sostenible (White, 2010).

---

<sup>1</sup> M. en C. en Salud Ambiental, Instituto Nacional de Salud Pública. Docente en Geografía Humana en la Universidad Autónoma Metropolitana. Correo: adriangio.tg@gmail.com

Para abordar estas deficiencias, el enfoque más reciente de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) busca replicar el drenaje natural de los sitios, capturando y permitiendo la mayor absorción posible del agua de lluvia in situ, y canalizando solo el exceso hacia fuera. Esta estrategia ofrece una solución eficaz para reducir las inundaciones urbanas y tiene el potencial de adaptarse estratégicamente al cambio climático al gestionar una parte significativa de los escurrimientos pluviales (Estrada-Díaz, 2018).

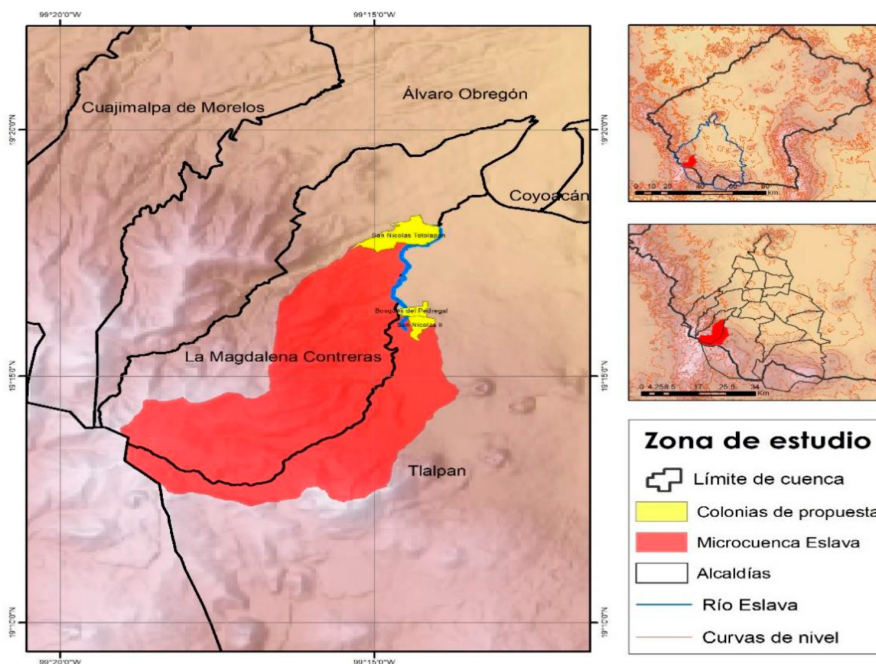
En este contexto, el presente proyecto explora la viabilidad de implementar técnicas de SUDS en la CDMX, considerando la infraestructura existente y los problemas hídricos persistentes, ya sea para la infiltración, la ralentización de la precipitación o el almacenamiento del agua.

### **Particularidades espaciales de la zona de estudio**

La microcuenca del río Eslava abarca zonas en las alcaldías Tlalpan y Magdalena Contreras. Las colonias seleccionadas para este estudio son San Nicolás 2<sup>a</sup> Sección (parte alta), Bosques del Pedregal (parte media) y San Nicolás Totolalpan (parte baja).

Estas presentan condiciones relevantes: Ubicación en zona elevada, con dificultades para la distribución de agua potable; ausencia de red pública de alcantarillado; dependencia de pipas para distribución de agua; alta precipitación anual; frecuentes escorrentías e inundaciones. Dichas características justifican la implementación de SUDS como técnicas adaptativas y sostenibles.

**Mapa 1. Ubicación de la microcuenca del río Eslava**



Fuente: Elaboración propia con base en datos del Marco Geoestadístico Nacional de INEGI, año 2020 y delimitación de microcuencas CentroGeo -CONAGUA, 2011.

## Problemática

La Ciudad de México enfrenta desafíos significativos relacionados con el agua debido a su ubicación en una cuenca endorreica, formada por una serie de procesos históricos que han definido su situación fisiográfica, hidrológica y ecosistémica. Estos factores han influido en su crecimiento y desarrollo como la metrópoli más grande y poblada de México, con más de 21 millones de habitantes junto con su zona metropolitana, lo que genera una alta demanda de servicios y una presión sobre los recursos naturales de la región (Torres-Lima et al., 2020). Aunque se han llevado a cabo proyectos a gran escala para satisfacer las necesidades de la población, la presión sobre la

infraestructura de suministro de agua, drenaje y aguas residuales sigue siendo un problema constante (Arrazola, 2016).

A nivel nacional, el 79% de la población vive en áreas urbanas y el 21% en rurales, mientras que en la Ciudad de México la distribución es del 99% y 1% respectivamente (INEGI, 2022). Esto crea una situación crítica en la distribución de agua. La disponibilidad de agua en la Ciudad de México es la más baja del país, con solo 144 m<sup>3</sup> por habitante, en contraste con los 18,000 m<sup>3</sup> por habitante en la frontera sur (INEGI, 2019). Existe una dependencia excesiva de los acuíferos, que están sobreexplotados, ya que se extrae más del doble de agua de la que se recarga naturalmente, reduciendo los niveles de los acuíferos en casi un metro por año, lo que aumenta los costos de extracción y deteriora la calidad del agua (González et al., 2020). Según datos de Isla Urbana, 2018, al menos 250,000 personas en la Ciudad de México no tienen acceso a agua potable, mientras millones de litros de agua de lluvia se desperdician en el drenaje, mezclándose con aguas residuales y ocasionalmente causando inundaciones (Torres-Lima et al., 2020). Además, el almacenamiento en las presas del sistema Cutzamala depende de la cantidad de lluvia, que ha sido insuficiente (González et al., 2020).

En cuanto a la gestión de riesgos, la Ciudad de México tiene 44 puntos críticos de inundación que afectan la infraestructura pública, los bienes materiales e incluso la vida de las personas. Solo se reutiliza el 16% de las aguas residuales y hay un atraso histórico en la inversión para mejorar la infraestructura hidráulica. Estos desafíos se agravan en un contexto de cambio climático que afectará aún más la disponibilidad y calidad del agua, incrementando el riesgo de fenómenos extremos (González et al., 2020).

## **Los SUDS y sus aplicaciones**

El Sistema Urbano de Drenaje Sostenible (SUDS) se desarrolló con el objetivo de proteger y mejorar la calidad del agua, reducir las inundaciones, permitir la recarga de los acuíferos y mantener un desarrollo sostenible en áreas donde el sistema de alcantarillado existente está al borde del colapso (Castro-Fresno et al., 2005). Este sistema se considera un complemento a la infraestructura de alcantarillado tradicional para mitigar los impactos de la urbanización en la hidrología y aumentar la resiliencia frente a eventos de lluvias extremas en entornos urbanos, además de reducir la incidencia de estos eventos (Tang et al., 2021; Zhu et al., 2019). Los SUDS también proporcionan numerosos beneficios ambientales, disminuyen los impactos asociados con el cambio climático (Ferrans et al., 2022) y generan beneficios ecológicos y sociales a largo plazo (Hamann et al., 2020).

Los SUDS consisten en una combinación de técnicas que permiten manejar el agua que no se logra infiltrar o evaporar tras una precipitación considerable, por ejemplo: a) las que buscan retener el exceso de agua de escorrentía en la zona de precipitación; b) las que pretenden reducir el riesgo de inundación; y c) las que ayudan a controlar la capacidad de carga de las líneas de evacuación (Zhou, 2014). Se puede realizar otra distinción entre las técnicas de infraestructura gris (implican construcción de obra civil) y las de infraestructura verde (sistemas naturales o que imitan a los naturales en el manejo de la escorrentía), estos últimos priorizan la utilización del suelo y áreas con vegetación para infiltrar y/o reciclar el agua de escorrentía (Estrada-Díaz, 2018).

Es importante destacar que la implementación de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) no reemplaza completamente los componentes de una red tradicional de drenaje pluvial, sino que debe integrarse con esta para lograr un mejor rendimiento, especialmente

en áreas donde los patrones hidrológicos pueden haber cambiado desde que se diseñó la red original (Zhou, 2014). Se suele afirmar que los SUDS son más costosos que los sistemas de drenaje convencionales. No obstante, cuando los SUDS se incorporan desde la etapa de diseño de un proyecto urbano, esto no siempre es cierto (Estrada-Díaz, 2018). Existen comparaciones de costo entre infraestructura verde y gris para manejo de escurrimientos referidas en Blackwell et al., (2012) y EPA, (2007), donde los proyectos con infraestructura verde resultaron menos costosos que las técnicas convencionales.

En la literatura científica, los SUDS también se mencionan con otros términos que pueden variar en función de su alcance y la evolución de las tecnologías incorporadas desde otros campos hacia la práctica del drenaje urbano (Ferrans et al., 2022). Algunos de estos términos incluyen mejores prácticas de gestión, infraestructura verde y soluciones basadas en la naturaleza (Kabisch et al., 2016), entre otros. Estos estudios han ganado relevancia y se han implementado globalmente, especialmente en países desarrollados de Asia, Norteamérica y Europa (Ferrans et al., 2022), lo que subraya la necesidad de aumentar la producción científica y la implementación de modelos SUDS en países en desarrollo (McClymont et al., 2020).

En cuanto a la infraestructura de drenaje de la Ciudad de México, esta ha evolucionado de un sistema cerrado a uno abierto. Esto se logró con la creación de salidas artificiales como el Tajo de Nochistongo, el Gran Canal de Desagüe junto con el primer y segundo túnel de Tequisquiác, el Sistema de Drenaje Profundo, y los túneles emisores Poniente, Central y Oriente (Arrazola, 2016; Benítez, 2020; Perló-Cohen y González-Reynoso, 2009). Actualmente, la infraestructura de drenaje de la ciudad se enfoca en eliminar tanto las aguas residuales como el agua de lluvia que se mezclan en el sistema de drenaje, lo que crea un desequilibrio en el ciclo de la cuenca, contaminación y escasez

de agua, así como hundimientos que ponen en riesgo a la población y a la infraestructura existente.

Recientemente, se han implementado proyectos a través de la Secretaría del Medio Ambiente, como el programa de cosecha de agua de lluvia en las alcaldías de Iztapalapa y Magdalena Contreras, obteniendo resultados positivos. También se desarrollan iniciativas para usar agua tratada en el riego de jardines y para otros usos no potables (González et al., 2020). Arrazola, (2016) analizó el potencial de implementación de SUDS para el tratamiento de escorrentías superficiales mediante un pozo de absorción en el campus de la UNAM.

### **Propuesta metodológica**

La propuesta metodológica se basa en un enfoque mixto, integrando análisis espacial, modelación hidrológica y participación social. Se contempla el uso de modelos de balance hídrico para evaluar la relación entre la precipitación y la capacidad de infiltración en la microcuenca, apoyado por herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y percepción remota para identificar zonas prioritarias de intervención. A nivel social, se desarrollarán encuestas y entrevistas con actores clave —habitantes, autoridades locales y especialistas— para conocer la viabilidad técnica y social de las distintas técnicas SUDS. La estrategia considera la implementación diferenciada según la posición altitudinal de cada colonia: en San Nicolás 2ª Sección (parte alta), se priorizan técnicas de captación e infiltración; en Bosques del Pedregal (parte media), sistemas domésticos de almacenamiento y reúso; y en San Nicolás Totolapan (parte baja), medidas de control de escorrentías y prevención de inundaciones. Esta metodología permitirá establecer escenarios de intervención adaptados a las condiciones territoriales y sociales de la microcuenca.

## **Limitantes sociales y económicas para la implementación de SUDS**

La implementación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible enfrenta diversas limitaciones sociales y económicas, especialmente en contextos urbanos periféricos como la microcuenca del río Eslava. Una de las principales barreras es el acceso restringido a financiamiento, lo que dificulta la ejecución de obras de infraestructura verde, consideradas en ocasiones como costosas o de bajo retorno inmediato (Estrada-Díaz, 2018). A esto se suma la resistencia comunitaria, que puede derivarse del desconocimiento sobre los beneficios de los SUDS o de experiencias previas negativas con intervenciones gubernamentales. Asimismo, la débil coordinación entre los diferentes niveles institucionales — municipales, delegacionales y sectoriales— obstaculiza la integración de estas estrategias en la planificación urbana. Finalmente, persiste la percepción de que las soluciones tradicionales son más eficaces o económicas, lo cual invisibiliza los beneficios sociales, ambientales y a largo plazo de los SUDS. No obstante, la literatura especializada ha documentado que estas barreras pueden superarse mediante marcos normativos favorables, esquemas de participación comunitaria y apoyo técnico-institucional que faciliten la apropiación local de estas soluciones sostenibles (Kabisch et al., 2016).

## **Conclusión**

Los retos hídricos que enfrenta la Ciudad de México exigen enfoques innovadores, integrales y contextualizados territorialmente. A partir del análisis realizado en la microcuenca del río Eslava, se identificó que la implementación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible no solo es técnica y ambientalmente viable, sino también estratégica desde una perspectiva de sustentabilidad hídrica. Los SUDS ofrecen alternativas eficaces para mitigar inundaciones, facilitar la recarga de acuíferos y mejorar la gestión del agua pluvial en zonas con infraestructura

deficiente. La incorporación de un enfoque metodológico que considera el análisis espacial, la participación comunitaria y la adaptación a las particularidades locales permite avanzar hacia una gestión más equitativa, resiliente y sustentable del recurso hídrico. En este sentido, el caso de estudio no solo ilustra un problema concreto, sino que plantea una ruta replicable para otras zonas urbanas vulnerables, reforzando la necesidad de transitar de soluciones convencionales hacia modelos más integradores y sostenibles.

### **Agradecimientos**

“El presente trabajo se desarrolló en el marco de los estudios del Doctorado en Ciencias de la Sustentabilidad, de la Universidad Nacional Rosario Castellanos, para la obtención del grado.”

### **Referencias**

- Arrazola, A. (2016). *SUDS: The potential implementation in the UNAM's University City. The analysis of Sustainable Drainage Systems (SuDS) feasibility for surface runoff treatment in the absorption well 'Medicine I' in the UNAM's University City*. HafenCity University.
- Benítez, V. (2020). *Túnel Emisor Oriente: Una alternativa para mitigar el riesgo de inundaciones en la ZMVM*. <http://www.ii.unam.mx/es-mx/Investigacion/Proyecto/Paginas/TunelEmisorOriente.aspx>
- Blackwell, R., O'Hara, K., Buckley, M., Souhlas, T., Brown, S., & Raviprakash, P. (2012). *Banking on green: A look at how green infrastructure can save municipalities money and provide economic benefits community-wide* (p. 44). American Society of Landscape Architects, American Rivers, ECONorthwest & Water Environment Federation. <https://www.americanrivers.org/conservation-resource/banking-on-green/>
- Castro Fresno, D., Rodríguez Bayón, J., Rodríguez Hernández, J., & Ballester Muñoz, F. (2005). *Sistemas urbanos de drenaje sostenible*

- (SUDS). *Interciencia*, 30(5), 255–260.
- Environmental Protection Agency. (2007). *Reducing stormwater costs through low impact development strategies and practices*. United States Environmental Protection Agency.
- Estrada-Díaz, G. (2018). Los sistemas urbanos de drenaje sustentable: Una estrategia de adaptación al cambio climático en zonas urbanas. *Revista RUA. Red Universitaria de Urbanismo y Arquitectura*. <https://www.academia.edu/42402951/>
- Ferrans, P., Torres, M. N., Temprano, J., & Rodríguez Sánchez, J. P. (2022). Sustainable Urban Drainage System (SUDS) modeling supporting decision-making: A systematic quantitative review. *Science of the Total Environment*, 806, 150447. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150447>
- González, F., Arriaga, J., & Piedra, A. (2020). *Webinar: Seguridad hídrica en el Valle de México*. [http://www.agua.unam.mx/archivo\\_WebinarValledeMexico.html](http://www.agua.unam.mx/archivo_WebinarValledeMexico.html)
- Hamann, F., Blecken, G.-T., Ashley, R. M., & Viklander, M. (2020). Valuing the multiple benefits of blue-green infrastructure for a Swedish case study: Contrasting the economic assessment tools B&EST and TEEB. *Journal of Sustainable Water in the Built Environment*, 6(4), 05020003. <https://doi.org/10.1061/JSWBAY.0000919>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2019). *Agua y drenaje. Cuéntame de México*. <https://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/dispon.aspx?tema=T>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2022). *Cuéntame de México – Información por entidad*. <https://cuentame.inegi.org.mx/default.aspx>
- Isla Urbana. (2018). *La crisis del agua*. <https://islaurbana.org/>
- Kabisch, N., Frantzeskaki, N., Pauleit, S., Naumann, S., Davis, M., Artmann, M., ... & Bonn, A. (2016). Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: Perspectives on

- indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. *Ecology and Society*, 21(2). <https://www.jstor.org/stable/26270403>
- McClymont, K., Fernandes Cunha, D. G., Maidment, C., Ashagre, B., Vasconcelos, A. F., Batalini de Macedo, M., ... & Imani, M. (2020). Towards urban resilience through Sustainable Drainage Systems: A multi-objective optimisation problem. *Journal of Environmental Management*, 275, 111173. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111173>
- Perló-Cohen, M., & González-Reynoso, A. E. (2009). *¿Guerra por el agua en el Valle de México? Estudio sobre las relaciones hidráulicas entre el Distrito Federal y el Estado de México*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Tang, S., Jiang, J., Zheng, Y., Hong, Y., Chung, E.-S., Shamseldin, A. Y., Wei, Y., & Wang, X. (2021). Robustness analysis of storm water quality modelling with LID infrastructures from natural event-based field monitoring. *Science of the Total Environment*, 753, 142007. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142007>
- Torres-Lima, P., Alonso Muñoz, C., & Valdiviezo, A. (2020). Estrategias de resiliencia urbana y capacidades adaptativas: Una evaluación para la Ciudad de México. *Argumentos*, 33, 233–261. <https://doi.org/10.24275/uamxoc-dcsh/argumentos/202094-10>
- White, I. (2010). *Water and the city: Risk, resilience and planning for a sustainable future*. Routledge.
- Zhou, Q. (2014). A review of sustainable urban drainage systems considering the climate change and urbanization impacts. *Water*, 6(4), 976–992. <https://doi.org/10.3390/w6040976>
- Zhu, Z., Chen, Z., Chen, X., & Yu, G. (2019). An assessment of the hydrologic effectiveness of low impact development (LID) practices for managing runoff with different objectives. *Journal of Environmental Management*, 231, 504–514. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.046>



# La cadena de valor de la energía eléctrica en Bahía Blanca (Argentina) en el escenario de la transición energética

Claudia Pong<sup>1</sup>

José Ignacio Díez<sup>2</sup>

## Introducción

En la actualidad, en el mundo persiste la preocupación por el calentamiento climático y la emisión de gases de efecto invernadero. Uno de los sectores económicos donde más se producen emisiones contaminantes es el sector energético. La quema y extracción de combustibles fósiles para la generación de energía son consideradas fuentes emisoras de dióxido de carbono, por ello se han ido desarrollando e investigando nuevas formas de generación energética partiendo de fuentes de energía renovables, que se combinan con las fuentes convencionales ya existentes.

El camino hacia la transición energética plantea desafíos a nivel mundial y en los sistemas energéticos regionales y locales, como, por ejemplo: ¿cómo producir energía de manera sustentable? y ¿qué actores e intereses entran en juego?. Además, estos retos recientes llevan al planteo de más preguntas, tales como: ¿cuál es la repercusión de la descarbonización mundial en el ámbito local? y ¿cómo se puede describir la respuesta local a la situación?.

---

<sup>1</sup> Licenciada y Doctora en Economía. Becaria Posdoctoral de CONICET. Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales del Sur (IIESS). E-mail: claudia.pong@uns.edu.ar

<sup>2</sup> Lic. En Economía. Dr. En Geografía. Investigador Independiente CONICET. Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales del Sur (IIESS) y Departamento de Economía Universidad Nacional del Sur (Argentina). E-mail: jdiez@uns.edu.ar

En cuanto al contexto normativo y de políticas nacionales, Argentina es uno de los países firmantes del Acuerdo de París, el cual es considerado un tratado internacional histórico para combatir el cambio climático, sus impactos negativos y acelerar las acciones e inversiones para un desarrollo sostenible mediante la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y adaptabilidad de las naciones.

Desde este punto de vista, en este estudio, se investiga el sector energético de la ciudad de Bahía Blanca y alrededores porque dicha localidad es un nodo clave para la generación, transmisión, distribución y el consumo de energía eléctrica. Su importancia se combina con la existencia en el territorio de excelentes recursos humanos, físicos y naturales que favorecen la instalación de centrales térmicas y proyectos de energías renovables. Además, confluyen en la urbe gasoductos que permiten el transporte, procesamiento y consumo del gas natural.

En este trabajo se elabora un análisis de la cadena de valor de la energía eléctrica del nodo Bahía Blanca. Específicamente se aborda el estudio de cada uno de los eslabones que la integran, poniendo especial énfasis en la descripción de los actores correspondientes y en el cálculo del valor agregado de producción, tanto para cada eslabón en particular como para la cadena en su conjunto.

En el primer apartado se describen las particularidades del área geográfica de estudio. Luego, se explican detalladamente los marcos teórico y metodológico que permiten desarrollar el tema de investigación. A posteriori, se detallan los actores intervinientes en cada eslabón, se realiza un mapeo general de la cadena productiva y se calcula el valor que la misma añade a la economía local. Al final, se exponen las conclusiones obtenidas del trabajo.

## **Características del área de estudio: el partido de Bahía Blanca**

Bahía Blanca es una localidad que se encuentra en la provincia de Buenos Aires (Argentina), en el suroeste de la costa atlántica. Las coordenadas geográficas exactas son 38º 44' latitud sur y 62º 16' longitud oeste, contando con una salida directa al Mar Argentino y el Océano Atlántico mediante los puertos de aguas profundas denominados "Ingeniero White" y "Galván".

Por el Puerto y en la localidad, convergen distintos gasoductos (General San Martín, Neuba I y Neuba II) que abastecen de gas a la ciudad (industria, comercio, servicios y residencial) y alimentan las centrales térmicas existentes en la zona.

Con respecto al servicio de electricidad, por la jurisdicción pasan las redes de media y alta tensión para la transmisión de energía eléctrica y se ubican distintas unidades transformadoras para la conversión de esta. La distribución de la misma es realizada por Empresa Distribuidora de Energía Sur (EDES S.A.) desde el año 1997 y su zona de concesión es el sur de la Provincia de Buenos Aires (PBA), bajo la regulación del Organismo de Control de Energía de la Provincia de Buenos Aires (OCEBA).

Al mismo tiempo, en el territorio se han ido instalando distintas centrales eólicas y se están construyendo proyectos de fuentes de energía renovables incluyendo la biomasa, para complementar la generación convencional de electricidad. En el año 2019, la generación eólica alcanzó el 17% mientras que el resto de la producción fue a partir de las fuentes térmicas de tecnologías turbo vapor y gas.

La puesta en marcha de propuestas renovables estuvo a su vez vinculada con la disponibilidad de varios programas gubernamentales para el fomento de las energías limpias o verdes (por ejemplo, las

distintas ediciones del plan RenovAr) y las cualidades distintivas propias de la región del sudoeste bonaerense. El emplazamiento cerca de los centros urbanos de consumo de las firmas generadoras de energía eléctrica se debió en gran parte a las redes de transmisión de electricidad y los medios de transporte disponibles para una fluida logística de las piezas y partes de los aerogeneradores, las abundantes tierras y ráfagas de viento en la zona y los recursos humanos calificados.

Respecto a la disponibilidad de recursos humanos como soporte para el desarrollo de la actividad, Bahía Blanca es sede de dos Universidades Nacionales (la Universidad Nacional del Sur (UNS) y la Facultad Regional Bahía Blanca de la Universidad Tecnológica Nacional – FRBB – UTN), una Universidad Provincial (Universidad Provincial del Sudoeste – UPSO) y de varios Institutos del CONICET (tales como IIIE – Instituto de Investigaciones en Ingeniería Eléctrica “Alfredo Desages”, INQUISUR – Instituto de Química del Sur, IFISUR – Instituto de Física del Sur e IIESS – Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales del Sur) que presentan una trayectoria en el estudio de temas ligados a la generación, transmisión, distribución y el consumo de energía.

### **Fundamento teórico**

El concepto de cadenas de valor, surge en primer lugar de la escuela francesa de pensamiento. Se usaba el concepto de *filière* como equivalencia del término hilvanado para describir las entradas y salidas para producir bienes y servicios finales (Kaplinsky y Morris, 2009).

Los autores Faße, Grote y Winter (2009) encontraron que existen distintos términos o conceptos que se utilizan de manera similar, pero varían según la organización y el espacio al cual se hace referencia. Por ejemplo, se usan de manera indiferente las nociones de cadena de suministros, redes de producción o estructuras de entradas y salidas, como así también cadenas globales de valor, redes internacionales de suministros, etc.

Cuando se hace referencia a una estructura de entradas y salidas, se la entiende como un conjunto de productos y servicios unidos entre sí, en una secuencia de actividades económicas, que agregan valor desde los insumos iniciales hasta su consumo final (Faße, Grote, & Winter, 2009). El concepto de cadena de suministro también es una denominación genérica para una estructura de entradas y salidas (mayormente concentrada en la logística), de actividades que comienzan con las materias primas y terminan con los productos terminados (Faße, Grote, & Winter, 2009).

Una red de producción es un conjunto de relaciones interempresariales que unen a un grupo de empresas en una unidad económica mayor y ellas a nivel internacional simbolizan redes globales que están representadas por corporaciones multinacionales (Faße, Grote, & Winter, 2009). En el caso de las cadenas de valor globales las secuencias de las actividades son llevadas a cabo en y por diferentes países (Faße, Grote, & Winter, 2009).

En el presente trabajo se hace uso de la definición de “cadena de valor” propuesta por Kaplinsky y Morris (2009). Las etapas de una cadena de valor incluyen la provisión de insumos y materias primas; seguido por la producción y el procesamiento de las “entradas”. Después, se obtienen las “salidas” o los productos y servicios con una distribución hacia los puntos de consumo final y reciclado (Faße, Grote, & Winter, 2009):

*La cadena de valor describe la variedad total de actividades requeridas para conducir un producto o servicio desde su concepción, hasta la entrega al consumidor, la disposición y el desecho final a través de diversas fases intermedias de producción (involucrando combinaciones de transformación física y los insumos de diferentes servicios de productores) (Kaplinsky & Morris, 2009, p. 8).*

## Metodología

El primer paso de la investigación cualitativa y cuantitativa, consistió en realizar un mapeo de los principales agentes de la cadena de valor estudiada. El segundo paso implicó calcular y obtener los valores que aportaban cada uno de los eslabones a la economía local para finalmente, conseguir el valor añadido de la cadena de valor de la energía eléctrica en Bahía Blanca.

Uno de los manuales base para el análisis de la cadena de valor es el GTZ (2007). Los métodos y pasos expuestos permiten calcular el valor agregado de la cadena como resultado de la diferencia entre la producción y el valor de los insumos intermedios.

De esta manera, podemos obtener análisis funcionales de los actores y sobre sus vinculaciones. Además, puede realizar un análisis económico e institucional intra e intercadenas, a partir de los balances económicos presentados por las firmas y documentos oficiales emitidos por las organizaciones del sector energético.

Los pasos a seguir para la determinación de una cadena de valor son:

- mapear la cadena de valor;
- cuantificar y describir en detalle los eslabones que la integran;
- realizar un análisis económico de la misma, las evaluaciones comparativas (“benchmarking”) de la eficiencia productiva de sus diferentes fragmentos y el desempeño de las prácticas de mejora (GTZ, 2007; Kaplinsky & Morris, 2009; Fernández-Stark & Gereffi, 2011).

El mapeo de su estructura significa realizar una representación gráfica de su conformación; el mapa es una parte fundamental del análisis de las cadenas de valor y sirve para mostrar e identificar las funciones y relaciones de los actores de que la integran (GTZ, 2007).

El segundo paso consiste en enumerar la cantidad de actores intervinientes, el volumen de producción o el porcentaje de las acciones corporativas en representación de algún eslabón, entre otros aspectos de interés (GTZ, 2007).

El análisis económico consta del cálculo del valor agregado a lo largo de los distintos eslabonamientos, su evolución y desempeño a lo largo del tiempo; esto permite, que la misma pueda ser comparada con otras cadenas competitivas de otros países (GTZ, 2007).

La determinación de una cadena de valor debe englobar:

- i) los actores económicos de cada eslabón (análisis institucional);
- ii) las vinculaciones y actividades de cada etapa (análisis funcional) con sus interacciones; y
- iii) flujos monetarios y físicos (análisis económico). Para ello es necesario definir los límites propios de cada encadenamiento y trazar una ruta del flujo productivo que incluya suministro, producción, procesamiento y mercadeo (Faße, Grote, & Winter, 2009).

Finalmente, para el análisis económico y comparativo, el cálculo del valor agregado (Faße, Grote, & Winter, 2009) se define como:

$$VA_{ij} = Y_{ij} - II_{ij}$$

donde:  $Y$  refleja el valor de un producto  $i$ ,

$II$  representa el valor de los insumos intermedios utilizados en las actividades productivas y cuya diferencia es el valor agregado  $VA$  de un agente individual  $j$ .

De aquella ecuación, se obtiene entonces que el valor agregado general es el siguiente:

$$VA_{cadena} = Y_{cadena} - II_{cadena} = \sum VA_{agentes}$$

El diagrama de flujo se cuantifica en términos físicos y monetarios para evaluar la importancia relativa de los diferentes segmentos

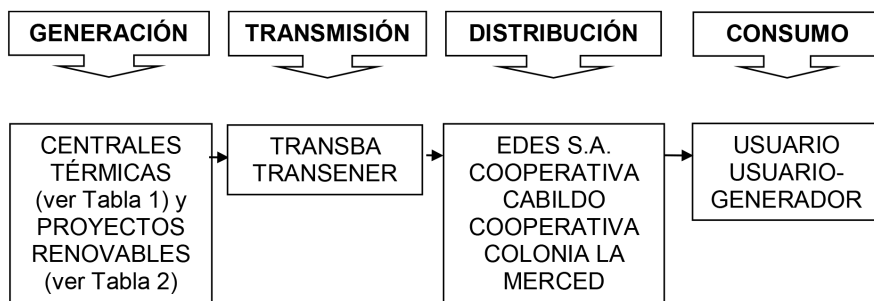
de la cadena y ver las posibilidades de mejora. En particular, para la construcción de una cadena de valor, se usan cuadros, flechas, especificaciones y formas (GTZ, 2007).

### **Estructura y mapeo de la cadena productiva**

El estudio de caso de la cadena de valor de la energía eléctrica en el nodo Bahía Blanca implica los análisis de los eslabones de generación, transmisión, distribución y consumo de electricidad. La etapa de generación involucra el flujo de energía que producen las centrales eléctricas convencionales y renovables (es decir, una fuente de energía primaria se transforma en fuente de energía secundaria). El eslabón de transmisión consiste en la transformación de una forma de energía en otra de mayor tensión para facilitar el transporte a lo largo de las líneas eléctricas de alta tensión del territorio. El eslabón de distribución es donde la electricidad baja de tensión mediante los centros de transformación y las subestaciones. En la última etapa de consumo, los destinos pueden ser para el sector de transporte, industria, comercio y/o la demanda residencial satisfaciendo servicios energéticos y convirtiéndose en energía útil. El siguiente gráfico muestra la cadena completa:

Con respecto a las centrales térmicas, existen cinco en la zona de Bahía Blanca: SOLALBAN ENERGÍA S.A. perteneciente a la empresa Unipar, ECOENERGÍA, CPB y CTIW que corresponden al Grupo Pampa Energía y la termoeléctrica CTGB. Por ende, para el año 2019 la potencia instalada no renovable resultó ser de 1434 MW mientras que la renovable fue de 814,15 MW (acumulando un total en la ciudad de 2248,15 MW siendo 63,79% de carácter térmica y 36,21% renovable)

**Figura 1. Cadena de valor de la energía eléctrica en el nodo Bahía Blanca**



Fuente: Elaboración propia.

La siguiente etapa de la cadena analizada es la transmisión cuya concesión la poseen las firmas TRANSBA S.A. (desde 1996) y TRANSENER S.A. (desde 1993) por un lapso de 95 años. En este período de tiempo, la tecnología existente se ha ido renovando y reemplazando por partes nacionales como importadas debido a las características especiales y propias de los equipos. En este eslabón, la responsabilidad de la aplicación de la regulación recae en la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico Sociedad Anónima (CAMMESA)<sup>3</sup>.

En el caso del eslabón de distribución, las organizaciones que pertenecen a este segmento son las dedicadas especialmente a esta actividad: se pueden mencionar a EDES S.A. y las cooperativas Cabildo y Colonia La Merced. Con respecto al eslabón de consumo, la figura de usuario-generador significa que el mismo puede hacer uso de la red eléctrica pero también pueden transformarse en un oferente de energía eléctrica en casos de excedentes en su producción y autoconsumo. Sin embargo, cabe aclarar que la figura todavía no se encuentra vigente 3CAMMESA es una empresa de gestión privada con propósito público. Su capital accionario se conforma con 20% por la Asociación de Generadores de Energía Eléctrica de la República Argentina (AGEERA), 20% por la Asociación de Transportistas de Energía Eléctrica de la República Argentina (ATEERA), 20% por la Asociación de Distribuidores de Energía Eléctrica de la República Argentina (ADEERA), 20% por la Asociación de Grandes Usuarios de Energía Eléctrica de la República Argentina (AGUEERA) y 20% del ministerio público que asume la representación del interés general y de los usuarios cautivos.

legalmente en la provincia de Buenos Aires, ni tampoco se cuenta con medidores bidireccionales para la medición neta de electricidad.

A continuación, se presentan dos cuadros que resumen la capacidad y potencia instalada de las plantas de energías térmicas y renovables de Bahía Blanca.

*Tabla 1. Centrales termoeléctricas del nodo Bahía Blanca*

| <b>Centrales termoeléctricas</b>                                    | <b>Capacidad instalada</b> |
|---|----------------------------|
| Central Térmica Piedra Buena S.A. ("CPB")                           | 620 MW                     |
| Central Térmica Ingeniero White ("CTIW")                            | 100 MW                     |
| Central de Co-generación EcoEnergía                                 | 14 MW                      |
| Central Termoeléctrica Guillermo Brown S.A. ("CTGB")                | 580 MW                     |
| Solalban Energía S.A.   | 120 MW                     |
| <b>Total de las centrales termoeléctricas del nodo Bahía Blanca</b> | <b>1434 MW</b>             |

Fuente: Elaboración propia.

Se pueden observar en los cuadros que en la generación eléctrica en el nodo Bahía Blanca se han ido incorporando una gran cantidad de fuentes renovables, que coexisten con fuentes convencionales.

Valor agregado en la cadena de valor de la energía eléctrica

En el eslabón de generación de la cadena, se están produciendo cambios de la matriz eléctrica local. Éstos están relacionados con el proceso de transición energética o electrificación de la economía, que tiene como objetivo la búsqueda de fuentes energéticas menos contaminantes (en términos de carbono neutrales). Durante los años 2018 y 2019 (Tabla 3), la energía eólica producida sobre el total fue de 6,16% y 12,79% respectivamente, lo que implica un incremento de más del doble en solamente un año debido a la puesta en marcha de dos proyectos eólicos. En el siguiente cuadro, se presentan las generaciones netas medidas en GWh correspondientes a las centrales térmicas y los dos parques eólicos en funcionamiento.

**Tabla 2. Proyectos renovables (eólicos y biomasa) del nodo Bahía Blanca**

| <b>Proyectos renovables</b>  | <b>Potencia instalada</b> |
|--|---------------------------|
| Corti o Ingeniero Mario Cebreiro "PEMC"  | 100,00 MW                 |
| Pampa Energía o "PEPE II"  | 53,20 MW                  |
| García del Río   | 10,00 MW                  |
| La Genoveva I  | 86,63 MW                  |
| Wayra I  | 49,40 MW                  |
| Resener I (biomasa)  | 0,72 MW                   |
| Serrana  | 69,00 MW                  |
| Bahía Blanca   | 60,00 MW                  |
| Vientos Ombú III   | 97,20 MW                  |
| Vientos Ombú I   | 97,20 MW                  |
| Uonic I  | 79,20 MW                  |
| Uonic II   | 57,60 MW                  |
| Uonic III  | 54,00 MW                  |
| <b>Total de los proyectos renovables (eólicos y biomasa) del nodo Bahía Blanca</b> | <b>814,15 MW</b>          |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior también se puede observar la relevancia paulatina que fue adquiriendo la Central Guillermo Brown (CTGB) frente a la Central Piedra Buena (CPB). En el año 2015, la CPB representaba el 87,56% de la generación eléctrica del nodo Bahía Blanca, mientras que la CTGB generaba el 8% y Solalban Energía S.A. el 4,44%. En los años posteriores, las proporciones se invirtieron y la CTGB pasó a liderar la generación de electricidad en el área de estudio (alcanzando porcentajes superiores al 50%). Sin embargo, el Grupo Pampa Energía mantuvo su posición dominante sumando centrales (CTIW y EcoEnergía) y proyectos eólicos (PEMC y PEPE II, entre otros), logrando así en el 2019, alcanzar una generación neta de energía eléctrica del 50,98% en comparación con CTGB y Solalban Energía S.A. que se acercaron al 46,20% y 2,82% respectivamente.

**Tabla 3. Generación neta de energía eléctrica del nodo Bahía Blanca en GWh durante los años 2015 a 2019**

| En GWh                           | 2015  | 2016        | 2017        | 2018        | 2019        |     |     |
|----------------------------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-----|-----|
| PEMC                             | Habilitado el 8 de junio de 2018  |             |             | 247         | 383         |     |     |
| PEPE II                          | Habilitado el 10 de mayo de 2019  |             |             |             | 129         |     |     |
| CPB                              | 2739  | 2055        | 1453        | 753         | 1106        |     |     |
| CTIW                             | Habilitado el 22 de diciembre de 2017   |             |             | 274         | 312         |     |     |
| EcoEnergía                       | Cierre de la adquisición de Petrobras Argentina, desde agosto a diciembre de 2016 |             |             | 44          | 103         | 110 | 110 |
| <b>Subtotal de Pampa Energía</b> | <b>2739</b>   | <b>2099</b> | <b>1579</b> | <b>1384</b> | <b>2040</b> |     |     |
| Solalban Energía S.A.            | 139   | 131         | 124         | 16          | 113         |     |     |
| CTGB                             | 250   | 2250        | 1869        | 2611        | 1849        |     |     |
| <b>TOTAL</b>                     | <b>3128</b>   | <b>4480</b> | <b>3572</b> | <b>4011</b> | <b>4002</b> |     |     |

Nota: Las disminuciones en los volúmenes de la generación de energía eléctrica de Pampa Energía se debieron a las tareas de mantenimiento mayor de la CPB.

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta que el Grupo Pampa Energía posee variadas empresas líderes en el mercado de la energía eléctrica (tales como PEMC, PEPE II, CPB, CTIW y EcoEnergía), a través de un cálculo del margen bruto promedio por MWh en moneda extranjera (dólares estadounidenses) de esas empresas (Tabla 4), se procedió a estimar el valor agregado del eslabón de generación eléctrica para la economía local y regional (Tabla 5).

**Tabla 4. Precio y Margen Bruto Promedio de las empresas de generación de electricidad en el nodo Bahía Blanca en dólares estadounidenses (USD) por MWh durante los años 2015 a 2019**

| Precio (P) y Margen Bruto (M) USD/MWh | 2015      |          | 2016      |           | 2017      |           | 2018      |           | 2019      |           |
|---------------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                       | P         | M        | P         | M         | P         | M         | P         | M         | P         | M         |
|                                       | PEMC      | 0        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 80        | 71        | 69        |
| PEPE II                               | 0         | 0        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 62        | 53        |
| CPB                                   | 16        | 4        | 14        | 1         | 32        | 12        | 88        | 46        | 62        | 23        |
| CTIW                                  | 0         | 0        | 0         | 0         | 42        | 33        | 107       | 85        | 107       | 80        |
| EcoEnergía                            | 0         | 0        | 60        | 18        | 69        | 21        | 57        | 15        | 47        | 7         |
| <b>Promedio</b>                       | <b>16</b> | <b>4</b> | <b>37</b> | <b>10</b> | <b>48</b> | <b>22</b> | <b>83</b> | <b>54</b> | <b>69</b> | <b>44</b> |

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4 se puede observar que tanto el precio como el margen bruto promedio en USD/MWh se han ido incrementando escalonadamente durante los años de estudio, a excepción del año 2019. Durante ese año, por las razones de una disminución en la actividad económica y consecuentemente, una caída en la demanda de la electricidad, los grandes usuarios decidieron no realizar contratos de Energía Plus (con precios más altos) producto de la recesión económica (Pampa Energía, 2019). En este contexto, los agentes generadores debieron vender su energía eléctrica en el mercado spot con menores márgenes de rentabilidad y, adicionalmente, los contratos de Energía Plus se vieron afectados por el crecimiento de los contratos de energía renovable MAT ER y por la energía excedente de los grandes usuarios y autogeneradores (Pampa Energía, 2019).

En la Tabla 5 se puede ver que la generación de energía eléctrica desde los parques eólicos PEMC y PEPE II representaron una contribución a

la economía local y regional de 17.537.000 dólares estadounidenses en 2018 (7,98% del total) y 29.434.000 dólares estadounidenses en 2019 (17,55% del total). La participación de la energía eólica en el valor agregado prevaleció en ese último año por encima de la CPB que logró 25.438.000 dólares estadounidenses en 2019 (15,17% del total). En conjunto, la participación del Grupo Pampa Energía se ha ido extendiendo de forma estable a lo largo de los años, mientras que la CTGB tomó preponderancia a partir del año 2016 cuando alcanzó a superar en valor agregado a aquellas empresas correspondientes a este holding en la zona.

**Tabla 5. Valor Agregado del eslabón de generación de la energía eléctrica del nodo Bahía Blanca en miles de dólares estadounidenses (USD) (2015-2019)**

| <b>Miles de USD</b>              | <b>2015</b>  | <b>2016</b>  | <b>2017</b>  | <b>2018</b>   | <b>2019</b>   |
|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| PEMC                             | 0            | 0            | 0            | 17537         | 22597         |
| PEPE II                          | 0            | 0            | 0            | 0             | 6837          |
| CPB                              | 10956        | 2055         | 17436        | 34638         | 25438         |
| CTIW                             | 0            | 0            | 759          | 23290         | 24960         |
| EcoEnergía                       | 0            | 792          | 2163         | 1650          | 770           |
| <b>Subtotal de Pampa Energía</b> | <b>10956</b> | <b>2847</b>  | <b>20358</b> | <b>77115</b>  | <b>80602</b>  |
| Solalban Energía S.A.            | 557          | 1243         | 2725         | 887           | 5026          |
| CTGB                             | 1002         | 21372        | 41125        | 141665        | 82107         |
| <b>TOTAL</b>                     | <b>12515</b> | <b>25462</b> | <b>64208</b> | <b>219667</b> | <b>167735</b> |

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro anterior (Tabla 5), se puede ver que el valor agregado total del eslabón de generación de la energía eléctrica del nodo Bahía Blanca ha aumentado en mayor medida en concordancia con los márgenes de rentabilidad bruta de las empresas generadoras (Tabla 4) y no tanto en línea con las variaciones de la generación neta de energía eléctrica del área de estudio (Tabla 3). Desde 2015 a 2019, el cambio porcentual del valor agregado del eslabón de generación fue de 1240,27% (Tabla 5), mientras que las variaciones porcentuales en los márgenes brutos promedios y precios promedios de la energía eléctrica en USD/MWh fueron de 1010,00% y 333,75%, respectivamente (Tabla 4).

Por otro lado, el cambio porcentual de la cantidad de energía eléctrica generada en el nodo Bahía Blanca fue de 27,94% para el mismo período (Tabla 3) y, por consiguiente, la oferta de la electricidad resultó ser inelástica en relación con el precio de la misma ( $E=0,08$ ) en correspondencia con lo que sostiene la teoría económica. En otras palabras, la relación de la variación del porcentaje de la cantidad ofrecida (27,94%) respecto a la variación del porcentaje del precio (333,75%) fue menor que la unidad (0,08) y la insensibilidad de la oferta frente al precio se explica por varias razones: i) La naturaleza del bien o servicio; ii) La inflexibilidad que poseen las empresas para variar su capacidad productiva y iii) Los largos períodos de tiempo para la inversión y puesta en marcha de los proyectos energéticos estratégicos.

En resumen, se puede decir que la generación de energía eléctrica a través de las fuentes de energía renovables se ha ido acrecentando en los últimos años y se proyecta que irá en aumento en la medida que los distintos proyectos eólicos planeados en el partido de Bahía Blanca se vayan poniendo en funcionamiento. Al mismo tiempo, se debe destacar que la generación por medio de las centrales térmicas

sigue siendo predominante, existiendo dos actores que se reparten la producción de la electricidad (CTGB y CPB del Grupo Pampa Energía), situación que justifica en parte la presencia de una oferta inelástica.

Luego, en el eslabón de transmisión de la cadena objeto de estudio, se pudo estimar y calcular el resultado bruto de la empresa Transba S.A. a partir de información de su controlante (debido a que ésta actúa en carácter de Transportista Independiente de Transener S.A. (TIBA)). En este sentido, se han podido revisar los estados contables consolidados anuales de la empresa Transener S.A. considerando las ganancias brutas, las tasas de cambio (entre el dólar estadounidense y el peso) y las proporciones correspondientes a Transba S.A. en el nodo correspondiente.

En el siguiente cuadro se expresaron los montos obtenidos en concepto de valor agregado del eslabón de transmisión de la cadena de valor de la energía eléctrica del área de estudio (Tabla 6) siendo los últimos tres años de análisis, los de mayores aportes a la economía nacional, local y regional debido a una reforma tarifaria integral.

El 21 de diciembre de 2010, las empresas Transener S.A. y Transba S.A. firmaron sendos acuerdos instrumentales con la Secretaría de Energía y el ENRE para reconocer la existencia de montos adeudados con las compañías debido a la aplicación de una fórmula del índice de variación de costos que fue implementada por la Unidad de Renegociación y Análisis de Contratos de Servicios Públicos (Transener, 2016).

La falta de ingresos para cubrir los costos de operación, mantenimiento e inversiones llevó a las empresas a contraer endeudamiento externo y a renovar los acuerdos instrumentales previos. Estos convenios de renovación fueron firmados con fechas 13 de mayo de 2013 para Transener S.A. y 20 de mayo de 2013 para Transba S.A. con vigencia

hasta el 31 de diciembre de 2015 y establecieron un flujo de fondos y un plan de inversiones teniendo en cuenta la recepción de desembolsos por parte de CAMMESA (Transener, 2017).

**Tabla 6. Valor Agregado de la eslabón de transmisión de la energía eléctrica del nodo Bahía Blanca en dólares estadounidenses (USD) (2015-2019)**

|   | 2015             | 2016             | 2017              | 2018              | 2019              |
|---|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Resultado bruto de Transener S.A. (expresados en miles de pesos)</b>     | 631.679          | 524.629          | 5.584.531         | 8.931.156         | 11.598.061        |
| <b>Resultado bruto de Transba S.A. (expresados en miles de pesos)</b><br>** | 221.088          | 183.620          | 1.954.586         | 2.949.522*        | 4.068.022*        |
| <b>TIBA Bahía Blanca (USD) ***</b>  | <b>4.931.178</b> | <b>3.652.332</b> | <b>22.223.666</b> | <b>19.972.981</b> | <b>18.937.131</b> |

Notas: \* Datos extraídos desde los estados de resultados de la firma Transba S.A. correspondientes a los ejercicios económicos finalizados el 31 de diciembre de 2020 y el 31 de diciembre de 2019.

\*\* A partir de los datos extraídos de los estados de resultados de Transener S.A. correspondientes a los ejercicios económicos finalizados el 31 de diciembre de 2018, 31 de diciembre de 2017 y el 31 de diciembre de 2016. Se estimó que la ganancia bruta de Transba S.A. representaba aproximadamente un 35% de los resultados brutos de Transener S.A..

\*\*\* Se consideró a TIBA Bahía Blanca con la proporción de un tercio en relación con el TIBA Olavarría y TIBA Campana. La tasa de cambio (pesos/USD) para el año 2015 fue 9,44; para el año 2016 fue 14,95; para el año 2017 fue 16,76; para el año 2018 fue 29,32; para el año 2019 fue 49,23 y para el año 2020 fue 71,61.

Fuente: Elaboración propia.

Del mismo modo, desde inicios de 2015 junto a autoridades regulatorias se diseñaron distintas posibilidades de financiamiento adicional y planes económicos financieros para los ejercicios 2015 a 2017 complementados con refuerzos en las transferencias de las remuneraciones para las empresas transportistas de la energía eléctrica (Transener, 2018). Estas medidas se reflejaron en una mejoría de la gestión y la situación económica de Transener S.A. y Transba S.A. (Transener, 2019) y, por ende, en el valor agregado a la economía (Tabla 6).

El 31 de enero de 2017, ENRE emitió dos Resoluciones (Nº 66 y Nº 73, luego modificadas parcialmente por las Resoluciones ENRE Nº 516/2017 y 517/2017) para establecer las tarifas del quinquenio 2017/2021 para el servicio de transporte de energía eléctrica (Transener, 2017). En el transcurso de ese mismo año, estas resoluciones significaron un incremento de más del 173,76% de los ingresos por ventas netas consolidados de Transener S.A., y su controlada Transba S.A., por la aplicación del nuevo régimen tarifario (Transener, 2017). Sin embargo, en los años posteriores, los ajustes tarifarios semestrales de los ingresos por el servicio de transporte de la energía eléctrica no lograron poder compensar los efectos de la inflación en el país (Transener, 2019) y, en consecuencia, la contribución del eslabón de transmisión descendió durante los años 2018 y 2019 (Tabla 6).

En cuanto al eslabón de distribución de la cadena de valor analizada, en base a datos de ADEERA, CAMMESA y el Ministerio de Energía, se pudieron calcular y estimar para la zona de concesión de EDES S.A. los valores agregados del período de estudio (de 2015 a 2019) en dólares estadounidenses y las contribuciones monetarias a la economía local y regional.

Para el cálculo del valor agregado en el eslabón de distribución se reunió información sobre la facturación anual de EDES S.A. en las zonas urbana y rural, se identificó el precio monómico estacional anual por MWh (que agrega al precio de la energía, los adicionales por potencia y reservas, sobrecostos de combustibles y transitorios de despacho y cargos de transporte) y se obtuvo el margen bruto como diferencia que resulta entre la facturación y el precio monómico estacional de la energía eléctrica.

**Tabla 7: Valor Agregado del área rural de EDES S.A. en el eslabón de distribución de la energía eléctrica del nodo Bahía Blanca en dólares estadounidenses (USD) durante los años 2015 a 2019**

| Área rural de EDES S.A. | Facturación de (miles pesos) | Monómico Estacional (Pesos/MWh) | Venta de energía (GWh) | * Valor Agregado Total (USD) | ** Valor Agregado en Bahía Blanca (USD) |
|-------------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------|------------------------------|---|
| 2015                    | 1.780                        | 95,33                           | 3,51486                | 153.036                      | 108.655                                 |
| 2016                    | 9.603                        | 312,76                          | 3,57519                | 567.716                      | 403.078                                 |
| 2017                    | 6.314                        | 582,04                          | 3,40266                | 258.577                      | 183.589                                 |
| 2018                    | 11.021                       | 1.187,44                        | 3,07091                | 251.539                      | 178.593                                 |
| 2019                    | 17.248                       | 2.167,55                        | 3,00000                | 218.290                      | 154.986                                 |

Notas: \* La tasa de cambio (pesos/USD) para el año 2015 fue 9,44; para el año 2016 fue 14,95; para el año 2017 fue 16,76; para el año 2018 fue 29,32; para el año 2019 fue 49,23 y para el año 2020 fue 71,61.

\*\* Según las estimaciones a partir de los datos de años anteriores (2013-2016) del Ministerio de Energía, el nodo Bahía Blanca representa aproximadamente un 71% del total de la energía eléctrica suministrada por EDES S.A.

Fuente: Elaboración propia.

En conjunto, se pueden observar en la Tabla 7 y en la Tabla 8 que los valores agregados y montos de facturación en miles de pesos fueron mayores en la zona urbana que en el área rural. Al mismo tiempo, los años de mayores contribuciones a la economía local y regional fueron los años 2017 y 2018<sup>4</sup>.

Durante el quinquenio de 2015/2019, la reducción del valor agregado del eslabón de distribución de la energía eléctrica del nodo de estudio se vinculó a los aumentos de los precios monómicos estacionales proporcionalmente superiores a los incrementos de las facturaciones anuales. En concreto, los precios monómicos estacionales desde 2015 a 2019 crecieron 2173,73% mientras que la facturación de EDES S.A. en el área rural subió solo 868,99% (Tabla 7) y en lo urbano 1070,42% (Tabla 8) con disminuciones en la venta de energía de 14,65% y 3,09% respectivamente.

Asimismo, con los datos de las Tablas 7 y 8 se puede ratificar que la elasticidad de la demanda energética es cercana a cero en concordancia con la teoría económica (siendo  $E = -0,02$  en la zona rural y  $E = -0,003$  en la zona urbana del área de suministro de la distribuidora EDES S.A.). Una demanda inelástica es aquella que muestra una sensibilidad proporcionalmente menor ante los cambios experimentados en las otras variables y existen diversos factores que determinan el nivel de elasticidad de demanda en un momento dado como lo son la escasez de sustitutos y la calificación de un bien o servicio como indispensable (como lo es en el caso de la electricidad).

En cuarto término, en el último eslabón de la cadena de valor de la energía eléctrica del nodo Bahía Blanca, se encuentra el consumo que abarca a todos los usuarios existentes en los distintos destinos de la demanda energética. Los usos de la energía eléctrica suministrada

---

<sup>4</sup> Siendo los valores agregados en dólares estadounidenses para el nodo Bahía Blanca de USD 23.625.573 en 2015, USD 29.115.639 en 2016, USD 43.240.636 en 2017, USD 43.113.518 en 2018 y USD 38.705.918 en 2019.

por la empresa EDES S.A. satisfacen primordialmente a la demanda residencial, seguido de la comercial e industrial y luego, las cooperativas como clientes finales dentro del área de concesión. Las tendencias y proporciones (Tabla 9) se mantuvieron relativamente constantes durante el período de años de estudio (de 2015 a 2019) y fueron en promedio 28,83% de electricidad con destino residencial (de menor o igual a 1000 kWh por bimestre); 15,05% para el comercio y la industria; 10,24% de electricidad para los Grandes Usuarios Industriales y 18,98% utilizado por las cooperativas.

**Tabla 8: Valor Agregado del área urbana de EDES S.A. en el eslabón de distribución de la energía eléctrica del nodo Bahía Blanca en dólares estadounidenses (USD) durante los años 2015 a 2019**

| Área urbana de EDES S.A. | Facturación (miles de pesos) | Monómico de Estacional (Pesos/MWh) | Venta de energía (GWh) | * Valor Agregado Total (USD) | ** Valor Agregado en Bahía Blanca (USD) |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------------|------------------------|------------------------------|---|
| 2015                     | 408.347                      | 95,33                              | 1.002,82               | 33.122.419                   | 23.516.918                              |
| 2016                     | 922.832                      | 312,76                             | 1.018,22               | 40.440.226                   | 28.712.561                              |
| 2017                     | 1.614.651                    | 582,04                             | 1.028,05               | 60.643.727                   | 43.057.047                              |
| 2018                     | 2.924.122                    | 1.187,44                           | 969,54                 | 60.471.725                   | 42.934.925                              |
| 2019                     | 4.779.367                    | 2.167,55                           | 971,87                 | 54.297.087                   | 38.550.932                              |

Notas: \* La tasa de cambio (pesos/USD) para el año 2015 fue 9,44; para el año 2016 fue 14,95; para el año 2017 fue 16,76; para el año 2018 fue 29,32; para el año 2019 fue 49,23 y para el año 2020 fue 71,61.

\*\* Según las estimaciones a partir de los datos de años anteriores (2013-2016) del Ministerio de Energía, el nodo Bahía Blanca representa aproximadamente un 71% del total de la energía eléctrica suministrada por EDES S.A.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 9: Destinos de la demanda de energía eléctrica suministrada por EDES S.A. durante los años 2015 a 2019**

| Años | Residencial [kWh/bimestre] |                           |                             |                       | General < 10kW [kWh/bimestre] |                      |
|------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------|
|      | <= 1000 <sup>0</sup>       | >1000 <=1400 <sup>1</sup> | y >1400 <=2800 <sup>2</sup> | y > 2800 <sup>3</sup> | <4000 <sup>4</sup>            | >= 4000 <sup>5</sup> |
| 2015 | 29,44%                     | 1,91%                     | 1,71%                       | 0,58%                 | 4,85%                         | 7,40%                |
| 2016 | 28,64%                     | 2,02%                     | 1,90%                       | 0,64%                 | 4,76%                         | 7,36%                |
| 2017 | 29,26%                     | 2,08%                     | 1,96%                       | 0,64%                 | 7,70%                         | 4,65%                |
| 2018 | 28,11%                     | 2,09%                     | 1,96%                       | 0,61%                 | 7,24%                         | 4,37%                |
| 2019 | 28,67%                     | 1,83%                     | 1,63%                       | 0,56%                 | 7,37%                         | 4,29%                |

Notas: (0) Energía eléctrica vendida a clientes residenciales con demanda igual o menor a 1000 kWh por bimestre.

(1) Energía eléctrica vendida a clientes residenciales con demanda mayor a 1000 y menor o igual a 1400 kWh por bimestre.

(2) Energía eléctrica vendida a clientes residenciales con demanda mayor a 1400 y menor o igual a 2800 kWh por bimestre.

(3) Energía eléctrica vendida a clientes residenciales con demanda mayor a 2800 kWh por bimestre.

(4) Energía eléctrica vendida a clientes generales con potencia menor a 10kW y demanda menor a 4000 kWh por bimestre.

(5) Energía eléctrica vendida a clientes generales con potencia menor a 10kW y demanda igual o mayor a 4000 kWh por bimestre.

| Años | Alumbrado Público | Comercial e Industrial <sup>6</sup><br>≥ 10 y < 300 kW | Grandes Usuarios Industriales <sup>7</sup><br>≥ 300 kW | Prestadores Adicionales de la Función de Técnica Transporte | Coope-rativas | Área Rural |
|------|-------------------|--|--|---|---------------|------------|
| 2015 | 3,20%             | 14,58%   | 10,54%   | 6,99%   | 18,45%        | 0,35%      |
| 2016 | 3,21%             | 14,54%   | 10,98%   | 6,71%   | 18,91%        | 0,35%      |
| 2017 | 3,36%             | 14,90%   | 9,69%  | 6,64%   | 18,79%        | 0,33%      |
| 2018 | 3,40%             | 16,08%   | 9,79%  | 6,43%   | 19,62%        | 0,32%      |
| 2019 | 3,45%             | 15,14%   | 10,19%   | 7,42%   | 19,15%        | 0,31%      |

Notas:

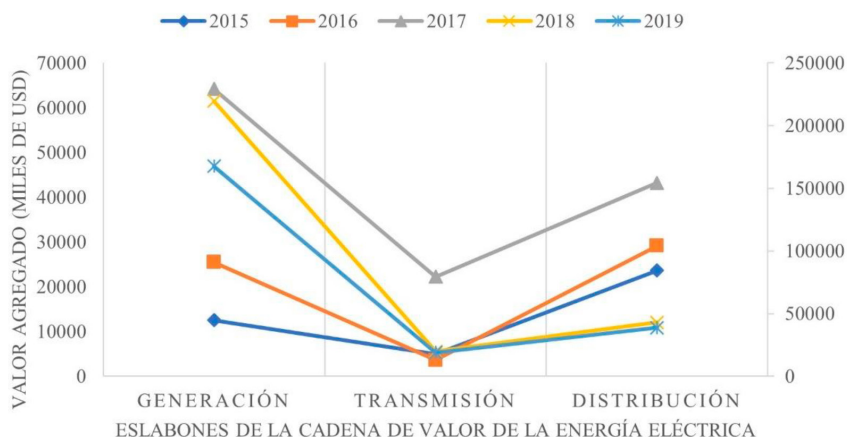
(6) Energía eléctrica vendida a clientes comerciales e industriales con potencia igual o superior a 10 kW y menor a 300 kW.

(7) Energía eléctrica vendida a Grandes Usuarios Industriales con potencia igual o superior a 300 kW.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de ADEERA.

Para finalizar, se reunió la información necesaria para construir una Curva de la Sonrisa o “Smile Curve” que representa a los valores agregados correspondientes a los tres eslabones de generación, transmisión y distribución durante los años 2015 al 2019 (Figura 2). En el gráfico se denotan las distintas curvas que se forman y se muestra que las etapas de generación y distribución de electricidad son aquellas que tienen mayores utilidades brutas, es decir que agregan mayor valor a la economía local y regional.

**Figura 2: Curva de la Sonrisa de la cadena de valor de la energía eléctrica en el nodo Bahía Blanca (2015-2019)**



Nota: El eje vertical izquierdo corresponde a la medición del valor agregado de los años 2015, 2016 y 2017 y el eje vertical derecho a los años 2018 y 2019.

Fuente: Elaboración propia.

Las curvas de la sonrisa definidas reafirman que el eslabón de transmisión de la energía eléctrica se caracteriza por ser un monopolio natural, mientras que el eslabón de generación comienza a diversificarse en sus fuentes de energía (convencionales y renovables) y el eslabón de distribución permitiría una incipiente introducción de la generación distribuida.

En la actualidad, el eslabón de generación de energía eléctrica posee una amplia participación de las empresas PEMC, PEPE II, CPB, CTIW y EcoEnergía y en el eslabón de transmisión de la electricidad, existe una única firma Transba S.A. (controlada de Transener S.A.), todas pertenecientes al Grupo Pampa Energía.

Finalmente, si bien el concepto de valor agregado no considera los costos de inversión ni los riesgos inherentes a las actividades de investigación, desarrollo e innovación, desde los puntos de vista tanto empresarial como gubernamental, los eslabones de las cadenas de valor con altos niveles de valor agregado constituyen un incentivo para fomentar y atraer las inversiones de los agentes económicos.

## **Conclusiones**

En el mundo actual, persisten las preocupaciones por la escasez de recursos y las consecuencias del calentamiento global. Las abundantes emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) elevan las alertas de destrucción de los diferentes ecosistemas (incluyendo la flora y la fauna existentes), el aumento del nivel del mar y el derretimiento de los glaciares, entre otros desastres.

Entre los distintos países, hay un consenso en que se deben disminuir los GEI (Acuerdo de París) aunque la tarea no es sencilla. Este proceso de transición energética conlleva esfuerzo y costos que la sociedad debe aportar con el fin de conservar los ambientes para futuras generaciones.

Al mismo tiempo, existe la tendencia mundial a la electrificación y reducción del uso de combustibles fósiles. A nivel nacional y local, se están realizando diversas inversiones e investigaciones para poder utilizar y aprovechar la mayor cantidad de fuentes de energía renovables posibles.

Este trabajo apunta a contribuir con la tarea monumental de bajar las emisiones de GEI mediante el conocimiento de lo que sucede con la cadena de valor de la energía eléctrica en Bahía Blanca. Esta ciudad es estratégica por ser un nodo de conexión importante en la provincia de Buenos Aires, Argentina. La localización favorece la existencia de conexiones marítimas, terrestres, aéreas, energéticas, entre otras.

La cadena de valor de la energía eléctrica en Bahía Blanca representa un gran ejemplo de coexistencia entre generación de electricidad de manera convencional y renovable. En el año 2019, la generación eólica alcanzó el 17% mientras que el resto de la producción fue a partir de las fuentes térmicas de tecnologías turbo vapor y gas.

Entre los principales agentes participantes de generación en la cadena de valor de la electricidad en Bahía Blanca se pueden nombrar a la Central Termoeléctrica Guillermo Brown, la Central Térmica Piedra Buena y los recientes parques eólicos inaugurados. En la etapa de transmisión se encuentra la empresa Transba S.A. y en distribución, la firma EDES S.A. y cooperativas.

La cadena de valor de la energía eléctrica en el nodo Bahía Blanca fue capaz de generar valor para la economía local en más de 737<sup>5</sup> millones de dólares estadounidenses (USD) durante el período de años 2015 a 2019. Los destinos o usos de la electricidad en el área se posicionaron de la siguiente manera: 28,83% de la energía eléctrica correspondió a la demanda residencial (de menor o igual a 1000 kWh por bimestre), 15,05% de la misma fue para la demanda de clientes comerciales e industriales, 10,24% por grandes usuarios industriales y 18,98% de las cooperativas.

---

<sup>5</sup> Es decir, 737.105.572 USD en cinco años. En 2015 el valor agregado fue de 41.071.751 USD (30,47% generación, 12,01% transmisión y 57,52% distribución), en 2016 fue de 58.229.971 USD (43,73% generación, 6,27% transmisión y 50,00% distribución), en 2017 fue de 129.672.302 USD (49,52% generación, 17,14% transmisión y 33,35% distribución), en 2018 fue de 282.753.499 USD (77,69% generación, 7,06% transmisión y 15,25% distribución) y en 2019 fue de 225.378.049 USD (74,42% generación, 8,40% transmisión y 17,17% distribución), lo que corresponde a un incremento de 448,74% desde 2015 hasta 2019.

La generación de energía eléctrica por fuentes eólicas desde los parques en funcionamiento (PEMC y PEPE II) representó una contribución a la economía local y regional de 17.537.000 USD en 2018 y de 29.434.000 USD en 2019. La generación renovable se combinó con la convencional y el valor agregado total del eslabón se incrementó en línea con los márgenes de rentabilidad bruta de las empresas generadoras. Durante el periodo quinquenal 2015 a 2019, se logró un incremento del valor agregado de 1240,27%<sup>6</sup>.

El valor agregado del eslabón de transmisión de la cadena de valor de la energía eléctrica del área de estudio tuvo aumentos a partir del año 2017 debido a una reforma tarifaria integral. El aumento del valor agregado aportado en este eslabón fue de 284,03% de 2015 a 2019<sup>7</sup>.

En el caso del eslabón de distribución, la contribución a la economía local y nacional tuvo un crecimiento de 63,83% en cinco años. Durante el quinquenio de 2015/2019, la reducción del valor agregado del eslabón de distribución de la energía eléctrica del nodo de estudio se relacionó con los aumentos de los precios monómicos estacionales proporcionalmente superiores a los incrementos de las facturaciones anuales<sup>8</sup>.

Por último, el estudio de la cadena de valor permitió también detectar e identificar los eslabones que más aportes realizaban para la economía. Se observaron que las etapas de generación y distribución fueron los que mayores contribuciones añaden a la economía local y nacional.

---

6 En 2015, el valor agregado del eslabón de generación del nodo Bahía Blanca fue de 12.515.000 USD, en 2016 fue de 25.462.000 USD, en 2017 fue de 64.208.000 USD, en 2018 fue de 219.667.000 USD y en 2019 fue de 167.735.000 USD.

7 En el año 2015 el valor agregado fue de 4.931.178 USD, en 2016 fue de 3.652.332 USD, en 2017 fue de 22.223.666 USD, en 2018 fue de 19.972.981 USD y en 2019 fue de 18.937.131 USD.

8 Los valores agregados para el nodo Bahía Blanca fueron de 23.625.573 USD en 2015, 29.115.639 USD en 2016, 43.240.636 USD en 2017, 43.113.518 USD en 2018 y 38.705.918 USD en 2019.

## Referencias

- Asociación de Distribuidores de Energía Eléctrica de la República Argentina (adeera). (09 de mayo de 2025). Informes técnicos. <https://www.adeera.org.ar/>
- Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico Sociedad Anónima. (CAMMESA). (14 de febrero de 2021). Sitio web de CAMMESA. <https://portalweb.cammesa.com/Pages/Institucional/defaultinstitucional.aspx>.
- Faße, A., Grote, U., & Winter, E. (2009). *Value chain analysis methodologies in the context of environment and trade research*. School of Economics and Management of the Hanover Leibniz University: ECONSTOR.
- Fernández-Stark, K., & Gereffi, G. (2011). *Manual desarrollo económico local y cadenas globales de valor*. Durham, North Carolina: Center on Globalization, Governance & Competitiveness, Duke University.
- GTZ. (2007). *ValueLinks Manual: The Methodology of Value Chain Promotion*. Gesellsachaf für Technische Zusammenarbeit.
- Kaplinsky, R., & Morris, M. (2009). *Un Manual para Investigación de Cadenas de Valor*.
- Pampa Energía. (2014). *Memoria y Estados Financieros*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Pampa Energía.
- Pampa Energía. (2015). *Memoria y Estados Financieros*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Pampa Energía.
- Pampa Energía. (2016). *Memoria y Estados Financieros*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Pampa Energía.
- Pampa Energía. (2017). *Memoria y Estados Financieros*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Pampa Energía.
- Pampa Energía. (2018). *Memoria y Estados Financieros*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Pampa Energía.
- Pampa Energía. (2019). *Memoria y Estados Financieros*. Ciudad

Autónoma de Buenos Aires: Pampa Energía.

Pong, C. (2023). *Análisis y caracterización de la cadena de valor de la energía eléctrica en el nodo Bahía Blanca en el quinquenio 2015 – 2019*. Bahía Blanca: UNS. Tesis para acceder al título de doctora en Economía (inédito).

Transba. (2019). *Memoria e Informe contable*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Transba.

Transba. (2020). *Memoria e Informe contable*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Transba.

Transener. (2014). *Memoria e Informe contable*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Transener.

Transener. (2015). *Memoria e Informe contable*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Transener.

Transener. (2016). *Memoria e Informe contable*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Transener.

Transener. (2017). *Memoria e Informe contable*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Transener.

Transener. (2018). *Memoria e Informe contable*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Transener.

# Gobernanza multiescalar del agua en ecosistemas de páramos de Colombia y Costa Rica.

Julián Camilo Barreto García<sup>1</sup>

## Introducción

Los ecosistemas de páramo son estratégicos para la regulación del ciclo hidrológico. Los frailejones junto al bosque alto andino retienen el agua de la atmosfera y permiten la decantación de esta en lagos, lagunas, lagunillas, quebradas y ríos. Estos ecosistemas se ubican en alturas que oscilan entre los 3.000 y 4.500 msnm, en donde el 80% de estos se localizan en los territorios colombianos, costarricenses, peruanos, ecuatorianos y venezolanos.

La declaración de áreas protegidas de páramo para la preservación y conservación ecosistémica ha sido una estrategia empleada por el Estado colombiano desde los años 60, para garantizar el 70% de abastecimiento de agua para los seres vivos y el entorno de biodiversidad a través de los instrumentos de política pública establecidos en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas. A su vez, Costa Rica desde los años 70 ha empleado una estrategia similar empleando los instrumentos del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC).

A pesar de la importancia estratégica de los páramos, ya que a estos se les denomina fábricas de agua y de que esta es condicionante de vida de múltiples especies incluyendo la humana, se presentan múltiples conflictos en estas áreas. Los usos inadecuados del suelo por parte

<sup>1</sup> Administrador público de la Escuela Superior de Administración Pública (ESAP); especialista en análisis de políticas públicas y magister de políticas públicas de la Universidad Nacional de Colombia. Estudiante de doctorado en geografía de la Universidad Pedagógica y Pedagógica de Colombia en convenio con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Docente de planta de la ESAP. E-mail: camilobarreto13@gmail.com; julian.barreto01@uptc.edu.co

de la población con objeto de ampliar la frontera agrícola a través de la quema de cobertura terrestre (Kapelle, Horn; 2016) es uno de los casos resaltados. Este fenómeno ocurre en áreas protegidas con título de propiedad estatal y en áreas con título de propiedad privada.

En este contexto, se presentan tres escenarios de la gobernanza multiescalar del agua: El primero; que los estados han adquirido propiedades para la conservación y preservación de áreas protegidas; sin embargo, se requiere ampliar la adquisición de áreas y ejercer mayor eficiencia en la configuración de redes de gobernanza multiescalar del agua con la población para enfrentar el cambio climático.

El segundo; grupos significativos de pobladores de áreas protegidas con, o sin títulos de propiedad privada ejercen apropiación y aprovechamiento del territorio con usos indebidos del suelo como lo es la deforestación, ganadería y monocultivos.

El tercero; que comunidades organizadas en áreas protegidas, bajo figuras jurídicas, tales como las Zonas de Reserva Campesina (ZRC) Barreto (2019, 2017); Reservas Naturales de la Sociedad Civil (RNSC); Otras Medidas Efectivas de Conservación Basadas en Áreas (OMECA); Juntas de Acción Comunal (JAC); comités campesinos y Organizaciones No Gubernamentales (ONG); han ejercido gobernanza multiescalar del agua a través de la configuración de redes de poder, evitando la degradación de los ecosistemas cogestionando instrumentos de planeación territorial.

Si bien existen estos tres escenarios, estos son un abstracto de las problemáticas que están ocurriendo, las cuales se van a profundizar si no se interviene o actúa propositivamente. En este sentido, el aprendizaje institucional es llamado a conversar, a interactuar, a intervenir cogestionando redes de cooperación en un marco de gobernanza multiescalar para mitigar los efectos del cambio climático

en las áreas de páramo y desde luego, mejorar las condiciones locales de la población para permitir la producción social del territorio y el abastecimiento de agua de la cual se sustenta la vida de las especies que dependen de esta.

En este contexto, el objetivo general de este documento es comparar las redes de gobernanza multiescalar del agua en los territorios paramunos de Colombia y Costa Rica. Para esto, se desarrollará el primer objetivo específico de caracterizar las redes de gobernanza multiescalar del agua en los territorios paramunos de Colombia y Costa Rica; el segundo objetivo específico es analizar las redes y nodos de la gobernanza multiescalar del agua en territorios paramunos de Colombia y Costa Rica por medio de figuras representativas relacionales de Raffestin (2015); por último, se analizan las redes de gobernanza multiescalar del agua en los territorios paramunos de Colombia y Costa Rica a través del Análisis del Desarrollo Institucional (IAD) de Ostrom (2000).

### **Fundamento teórico**

Las definiciones son trascendentales para comprender los fenómenos de la gobernanza multiescalar del agua en territorios de páramo. En la conjugación de los conceptos gobernanza- multiescalaridad- páramo se relacionan las multidimensionalidades de elementos ecosistémicos bióticos y abióticos que permiten generar el agua en las altas montañas andinas sudamericanas y de la cordillera de Talamanca de Centroamérica.

El concepto de gobernanza tiene sus orígenes en las políticas neoliberales (Zurbriggen, 2011; Jessop, 2008) adoptadas inicialmente en Europa y posteriormente impuestas en América Latina por medio de organizaciones supranacionales como el Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional. Estas políticas abogaron a que la gerencia

pública se inclinara al “buen gobierno” y las rendiciones de cuentas “transparencia”, en el marco de equiparación del sector público a los instrumentos de gestión de las empresas privadas en la denominada Nueva Gerencia Pública (NGP).

El concepto de gobernanza se entrelaza con las políticas públicas, ya que estas son una serie de objetivos provenientes de situaciones consideradas socialmente problemáticas que buscan llevarse a niveles manejables o solucionarse orientando institucionalmente el comportamiento individual y colectivo. Entonces, la gobernanza en políticas públicas implicó descentralizar el poder del nivel central del Estado en el direccionamiento del comportamiento de los individuos, desplegando escalas de poder a nivel territorial (departamentos y municipios), e incluso la desregularización de la economía, permitiéndole a particulares desempeñar funciones públicas que anteriormente eran de monopolio estatal.

En Europa desde los años 80 se ha discutido y cuestionado el concepto de gobernanza, mientras que en América Latina predominó la influencia de las instituciones supranacionales que impulsaron el neoliberalismo con la consolidación de la implementación del consenso de Washington (Zurbriggen, 2011). En este orden de ideas, gobernanza según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), es

*“el ejercicio de la autoridad política, económica y administrativa para dirigir los asuntos de un país a todos los niveles. Comprende los mecanismos, procesos e instituciones que puedan utilizar los ciudadanos y los grupos para definir sus intereses, ejercer sus derechos jurídicos, cumplir sus obligaciones y resolver sus diferencias por mediación” (PNUD, 1997, como se citó en ONU, 2006, p.3).*

En Europa se discutió la gobernanza desde diversos enfoques, en donde el más conocido ha sido el de las redes de política. Este enfoque

argumenta que la gobernanza implica que el poder en los procesos de política pública se distribuye asimétricamente y jerárquicamente entre los actores que intervienen en estas. En este sentido, se comprende a la gobernanza del agua como:

*“el proceso para la gestión integral del agua, entendida como bien común de todos los seres vivos, que promueve la participación activa e incluyente de los diferentes actores sociales en las decisiones y que articula múltiples culturas, saberes e instrumentos normativos formales y no formales, a diferentes escalas espacio-temporales, en contextos socio-políticos, económicos y ecológicos específicos” (IDEA, 2013, como se citó en Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2024, párr.2).*

La gobernanza del agua en los ecosistemas de páramo implica que estos sean considerados territorios hidrosociales (Boelens, et al. 2016). Esto implica que el control del agua sea reconocido por las relaciones entre las personas, instituciones, cuerpos de agua, tecnología y entorno biofísico. Estas relaciones están mediadas por el poder en diferentes escalas, esto implica la multiescalaridad, la cual corresponde a las dimensiones geoespaciales por medio del cual se relacionan diversas escalas territoriales: global, nacional, regional, local. Las dimensiones pueden relacionarse de lo local a lo global (de abajo hacia arriba) o viceversa.

La teoría de territorios hidrosociales se sustenta a través de la ecología política, la cual para este artículo se complementa con la geografía del poder de Claude Raffestin (2015) y el Análisis del Desarrollo Institucional de Elinor Ostrom (2000). Con Raffestin (2015) se permite realizar un análisis de las redes de poder en la territorialización de los proyectos de políticas públicas y con Ostrom (2000) se identifican los acuerdos institucionales normativos que posibilitan la acción colectiva de cooperación para orientar el comportamiento de los actores en función de la conservación ecosistémica de los páramos.

## **Metodología**

Se presentan figuras representativas de las redes de poder de Raffestin (2015) y sus nodos Saquet (2023) a través de la geografía crítica del materialismo histórico y dialéctico; mientras que para analizar las redes de gobernanza multiescalar del agua se aplica en cuadros síntesis el Análisis del Desarrollo Institucional (IAD) (López; Parra, 2010) de Ostrom (2000).

Este documento parte de la revisión de fuentes secundarias de información costarricenses y colombianas que permiten identificar las redes de gobernanza multiescalar del agua en los territorios paramunos. Para ambos territorios se caracterizan y analizan dos redes de gobernanza multiescalar del agua: En Costa Rica la red SINAC-FUNDECOR (Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central) y la red canje de deuda por naturaleza entre Estados Unidos y Costa Rica; en Colombia la red páramos para la vida Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)- Instituto Humboldt y, la red Nacional de Acueductos Comunitarios de Colombia.

El periodo de tiempo que se aborda en este documento es del año 1994 al año 2024. Para el caso colombiano es trascendental el año 1994, ya que por medio de la Ley 142 del mismo año, se permitió a comunidades organizadas y a empresas privadas la prestación del servicio público de acueducto (Ley con contenidos neoliberales que permitió la privatización de los servicios públicos); mientras que, para el caso costarricense, en el año 2017 se marca el hito del primer canje de deuda por naturaleza entre Estados Unidos y Costa Rica. Ambas situaciones implicaron proyectos que han modificado el territorio paramuno y con ello la gobernanza multiescalar del agua (supranacional- nacional- regional- local).

## Resultados

Para caracterizar las redes de gobernanza multiescalar del agua en los territorios paramunos de Colombia y Costa Rica se requiere ubicar geoespacialmente los ecosistemas de páramo y sus particularidades que incluye la definición de páramo.

Desde la geografía humana se concibe al páramo como una región de vida “comprende las extensas zonas que coronan las cordilleras entre el bosque andino y el límite inferior de las nieves perpetuas. Está definida como región natural por la relación entre el suelo, el clima, la biota y la influencia humana” (Rangel, 2000, como se citó en Castaño, et al, 2003, p. 39). Por su parte, la geografía biofísica lo define como “la zona con vegetación abierta, semiabierta, arbustiva y boscosa baja que se extiende más allá del límite altitudinal del bosque andino o la vegetación xerofítica que reemplaza este bosque” (Van der Hammen, 1997, como se citó en Castaño, et al, 2003, p. 39).

**Figura 1. Mosaico de paisaje de páramo de la Laguna de Siscunsi- Colombia**

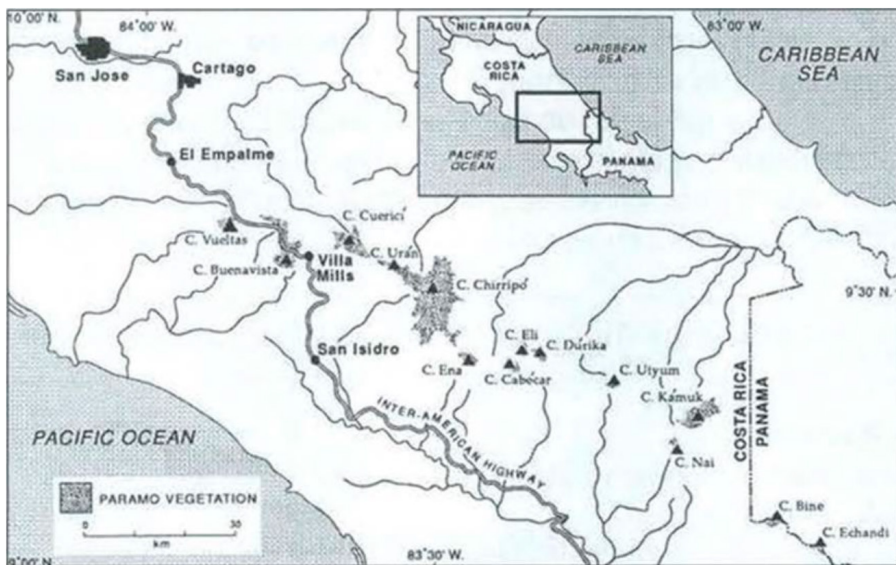


Fuente: Captura propia (abril de 2025).

A continuación, en los siguientes mapas se ubican geográficamente los páramos de Costa Rica, los cuales predominan en la cordillera de Talamanca (color gris con triángulo). En cuanto a los de Colombia, estos se ubican en las cordilleras oriental, central y occidental (ubicados en el relieve con colores):

**Figura 2. Mapa de páramos en la cordillera de Talamanca.**

**Fuente: Kapelle, M. (2003, p. 89).**



Al momento de abordarse el concepto de gobernanza, implica que el poder sobre una población, sector y territorio desde el estudio de las políticas públicas no se encuentra detentado por un solo actor. Desde los años 80 organizaciones multilaterales como el Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional promovieron en América Latina políticas neoliberales provenientes del consenso de Washington desregularizando la economía, desmontando el aparato estatal a través de las privatizaciones y descentralizando sus funciones bajo el discurso del buen gobierno a través de la gobernanza (Zurbriguen,



**Tabla 1. Tabla comparativa de páramos de Costa Rica y de Colombia**

| <b>Páramos Costa Rica</b>   | <b>Páramos Colombia</b>  |
|---|--|
| Formación vegetal de alta montaña, heterogénea, psicrófitica, vellosa, herbácea. Geomorfología periglacial.   |  |
| Tiene formación de páramo en áreas volcánicas.  |  |
| Los páramos han sido influenciados por periodos de glaciaciones.  |  |
| Cuenta con radiación ultravioleta intensa.  |  |
| Los suelos funcionan como reguladores del recurso hídrico.  |  |
| Son ocupados por población generando presiones ecosistémicas, "en Costa Rica, los páramos no son ocupados permanentemente por los seres humanos" (Kapelle, p.89). |  |
| Afectaciones ecosistémicas por turismo <b>insostenible</b> , agricultura, deforestación e incendios.  |  |
| Afectaciones por infraestructura estatal (vías, servicios públicos, etc.).  |  |
| Recuperación lenta de afectaciones.   |  |
| Predominan áreas desarboladas.  |  |
| "La zona del páramo se encuentra muy frecuentemente cubierta por nubes o neblina, con una humedad atmosférica relativa mayor al 70%".                             |  |
| Extensión territorial: 51.200 Km <sup>2</sup> ; Extensión total de páramos: 80 Km <sup>2</sup> ; porcentaje territorial de páramos: 0,20%.                        | Extensión territorial: 1.141.500 Km <sup>2</sup> ; Extensión total de páramos: 14.434 Km <sup>2</sup> ; porcentaje territorial de páramos: 1,3%. |
| Relieve: Altitud 3.000 a 3.819 msnm.  | Relieve: Altitud 3.000 a 4.200 msnm.   |
| Cumbre más alta Cerro Chirripó 3,819 msnm.  | Cumbre más alta páramo Pluvial subalpino 4.200 msnm. Cumbre glaciar en el Cocuy- Ritacuba Blanco o Ritak'uwa a 5.380 msnm.                       |
| 60% Especies endémicas.   | 50% especies endémicas.  |
| Temperatura diaria de 20 a 35°C.  | Temperatura diaria de 0 a 17°C.  |
| Comparte conectividad internacional ecosistémica de la cordillera Talamanca con Panamá.   | No comparte conectividad internacional ecosistémica.   |
| Temperatura más baja 10°C.  | Temperatura más baja 0°C.  |
| Las precipitaciones promedio anuales oscilan entre valores bajos de 500 mm/año hasta 3.000 mm/año.  | Las precipitaciones promedio anuales oscilan entre valores bajos de 600 mm/año hasta más de 3000 mm/año.   |
| No cuenta con superpáramo (límite con nieve permanente).  | Cuenta con superpáramos.   |
| Tan solo se cuenta con datos del Parque Nacional Chirripó 50.150 ha.  | 2'906.137 ha de ecosistemas paramunos.   |
| En la flora predominan las plantas arrosetadas.   | En la flora predominan las plantas espeletia (frailejón).  |
| Mosaico de paisaje poco intervenido por el ser humano, sus intervenciones se presentan en deforestación.  | Mosaico de paisaje altamente intervenido por el ser humano, sus intervenciones se presentan en deforestación y producción agropecuaria.          |

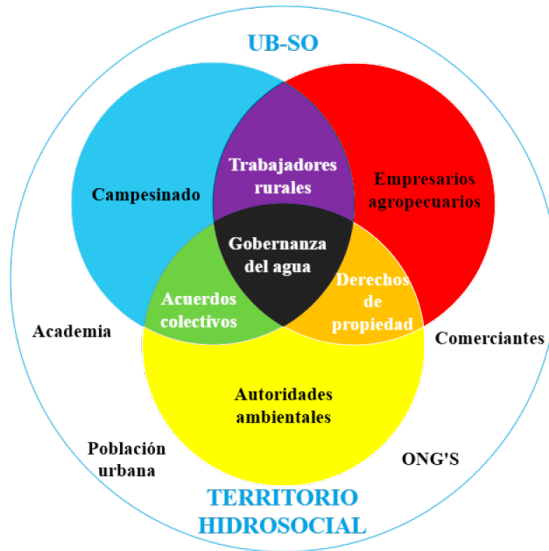
Fuente: Elaboración propia marzo de 2024, con datos de Kapelle (2003), Instituto Humboldt (2012).

En la anterior tabla se asemejan once elementos geográficos en los páramos de Costa Rica y Colombia y once elementos que los diferencia. Algunas de estas semejanzas o diferencias provienen trópicamente (sin intervención humana), pero otras tienen su origen en intervenciones antrópicas (con la intervención humana). Es por esto, que la ocupación poblacional del territorio paramuno es el condicionante principal para la gobernanza del agua en estos ecosistemas; lo cual implica que existen gobernanzas multiescalares, las cuales se libran entre alianzas, nodos y tensiones institucionales en un marco relacional de redes de política, en las cuales se detentan poderes asimétricos entre los múltiples actores territoriales.

Los múltiples actores (campesinado, empresarios y autoridades ambientales) cuentan con información, la cual implica poder para la apropiación y aprovechamiento del suelo, sea esta para la conservación, preservación, explotación e incluso la depredación. En la siguiente figura, se identifican los actores y los principales elementos que configuran la gobernanza multiescalar del agua en ecosistemas paramunos:

En la teoría de conjuntos de la figura 4 se identifican tres actores poblacionales diferenciados sobre el territorio paramuno, los cuales son los empresarios agropecuarios (no se identifican como terratenientes, en cuanto la tenencia de la tierra predomina el minifundo, con áreas menores a 3 ha), campesinado y autoridades ambientales. Las relaciones de gobernanza entre autoridades ambientales y empresarios agropecuarios (aquellas personas que invierten capital en reproducir ganadería y productos agrícolas) se rigen a partir de los derechos de propiedad (legal-reglamentaria) que tienen los tenedores- propietarios de la tierra, lo cual define la apropiación y aprovechamiento del suelo en las condiciones: permitido, restringido y prohibido. Estas relaciones se configuran con nodos económicos, políticos y culturales.

**Figura 4. Actores que configuran la gobernanza multiescalar del agua en ecosistemas de páramo. Elaboración propia mayo de 2025.**



En cuanto las relaciones de gobernanza entre campesinado y empresarios agropecuarios se configura el trabajo rural. En el caso particular Colombia se evidencia que gran parte de los pobladores de áreas de páramo no son propietarios de la tierra que ocupan o que trabajan (el municipio de Monguú en donde se ubica parte del páramo Ocetá en Boyacá, tiene un 92,20% de informalidad de la tenencia de la tierra según la Unidad de Planificación Rural año 2019), situación que amerita estudiar más en Costa Rica. Es por esto, que los empresarios agropecuarios requieren y acceden a la fuerza de trabajo ofertado por los pobladores, pero a estas personas se les limita el reconocimiento de sujeto político de campesinado, en cuanto se reitera, que estos no tienen títulos legales de posesión de la tierra que ocupan y la fuerza de trabajo empleada en la producción social es empleada por un tercero empresarial. Las definiciones de apropiación, aprovechamiento del suelo, junto a las relaciones que configuran los nodos son las mismas del caso anterior.

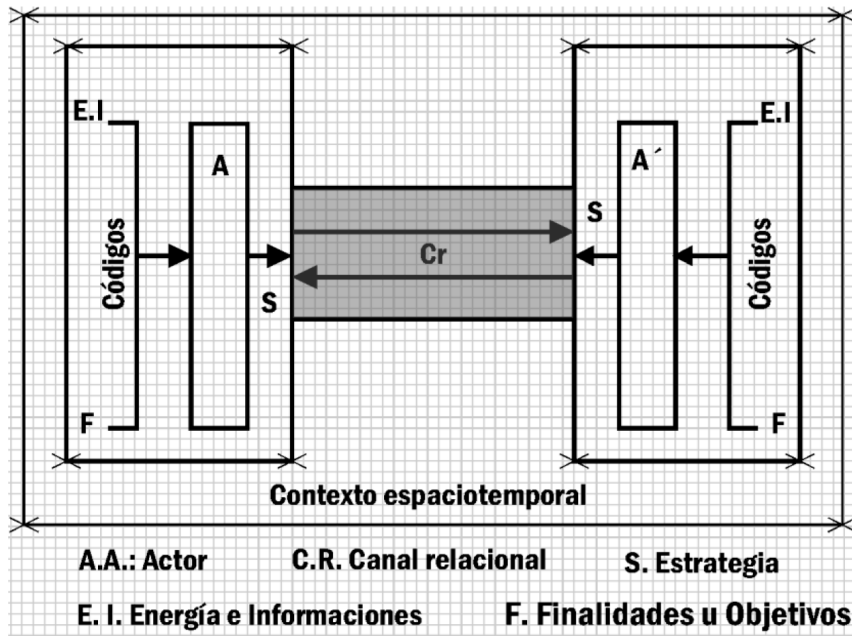
Por otro lado, las relaciones de gobernanza entre autoridades ambientales y campesinado se rigen los acuerdos colectivos, en cuanto la autoridad de orden gubernamental define reglas de juego, las cuales se establecen a través de la participación política del campesinado como sujeto social y político (en Colombia reconocido en la Constitución Política y la Ley); a tal medida que en casos de licencias ambientales deben contar con el mecanismo de participación ciudadana denominado consulta previa cuando en el territorio habita población indígena o afrodescendiente. En comparación con las relaciones de gobernanza descritas en los casos anteriores, en estas se aplica lo mismo, pero se configuran adicionalmente nodos ambientales.

Finalmente, la intersección de estos conjuntos configura la gobernanza multiescalar del agua. La gobernanza se estructura en redes y nodos en cada uno de los elementos de su órbita; tales como, los conocimientos, el lenguaje, la información, el lugar, la apropiación, el poder, las reglas, las fronteras y la energía. Es allí, en el marco de gobernanza multiescalar, donde se posibilita la cogestión de instrumentos de planeación que permitan la perdurabilidad de producción de agua en las altas montañas paramunas. De este modo, cogestionar implica reconocer la administración pública hidrosocial no solo es tarea del Estado; es de la gobernanza de los múltiples actores que ocupan los territorios paramunos, lo cual implica un modelo multiescalar para la transformación del Estado y la democracia, en el reconocimiento que existe gobierno y administración pública tanto estatal como no estatales.

Para analizar las redes y nodos de la gobernanza multiescalar del agua en territorios paramunos de Colombia y Costa Rica, por medio de figuras representativas relacionales del poder de Raffestin (2015) se desarrolla este propósito. En primer lugar, se presentan dos figuras

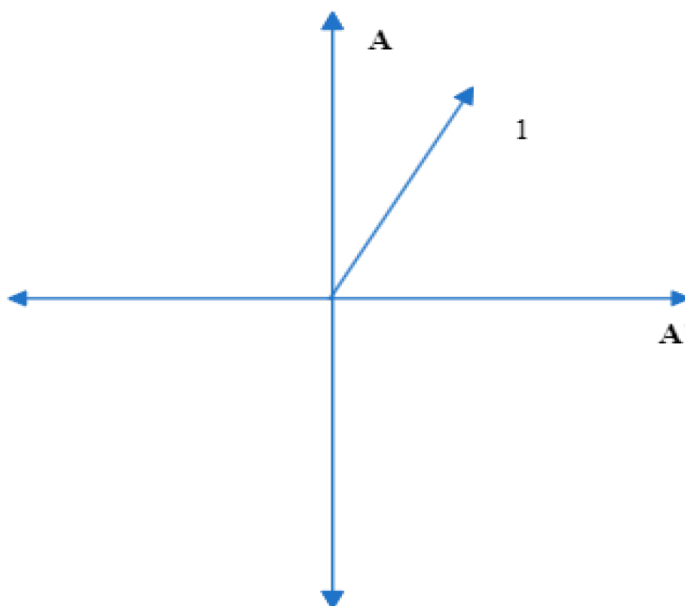
representativas; la primera corresponde al campo del poder y la segunda a las relaciones costo/beneficio; las cuales se soportan los datos de tablas resumen (tablas 2, 3, 4 y 5):

**Figura 5. Campo de poder. (Raffestin, 2015, p. 83).**



En universo del campo de poder se vincula el contexto espaciotemporal que son los páramos tanto de Colombia como Costa Rica en el periodo de tiempo 1994-2021. El canal relacional que se ubica en el centro de color gris corresponde a los proyectos que es la unidad mínima de inversión en las políticas públicas (columna 5 de las tablas 2, 3, 4 y 5). En las redes analizadas solo se relacionan dos actores; es por esto que se identifican en los rectángulos de izquierda y derecha con A y A', mientras S son las estrategias de cada actor; E.I la energía e información compartida, mientras que F corresponde a los fines u objetivos perseguidos por cada actor.

**Figura 6. Relación costo/beneficio red SINAC-FUNDECOR. Elaboración propia marzo de 2024, basado en (Raffestin, 2015, p. 84).**



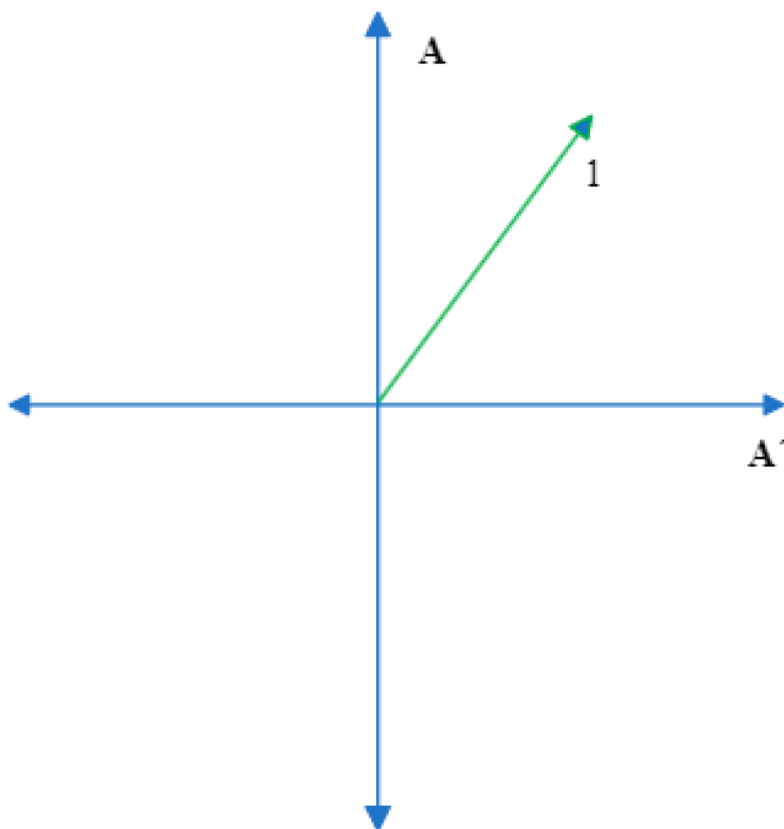
El campo del poder de la figura 4 se asocia la comunicación entre los actores de la red de gobernanza multiescalar A y A'. Dicha comunicación se vincula a través del nodo contractual de los instrumentos de planificación territorial entre las partes, el cual es el canal relacional. Cada uno de los actores tiene estrategias y objetivos; además, en las relaciones costo/beneficio se establece una simetría o asimetría dependiendo de la energía e información que invierte en la red. En el eje X se identifica el actor A'; mientras que en el eje Y el actor A.

Para el caso de esta primera red las relaciones son positivas para ambas partes, lo cual establece una relación de que los beneficios son superiores a los costos, estableciendo una ventaja asimétrica relativa a FUNDECOR. La siguiente tabla resume la información:

**Tabla 2. Red de gobernanza SINAC- FUNDECOR. Elaboración propia marzo de 2024, basado en Soto (2018).**

| RED DE GOBERNANZA |             |                      |           |  |  |   |   |
|-------------------|-------------|----------------------|-----------|--|--|---|---|
| Red               | Actor       | Tipo de organización | Es cala   | Canal relacio nal                                  | Estrategia   | Energía e informació n  | Objetivos   |
| SIN AC-FUN DEC OR | SINAC A     | Autoridad ambiental  | Nacio nal |  | Tercerizar actividades a través de contrato.   | Información geográfica, se desarrollan mapas oficiales de Áreas Silvestres Protegidas, el de Corredores Biológicos, los de Certificaciones del Patrimonio Natural del Estado. | “Dictar políticas, planificar y ejecutar procesos dirigidos a lograr la sostenibilidad en el manejo de los recursos naturales”. |
|                   | FUNDECOR A' | ONG                  | Local     | Contrato de compra de predios y su administración. | Ejecutar a feliz término el contrato, cumpliendo el objeto y los de utilidad organizacional. | Monitoreo de bosques reforestados. Transferencia de conocimiento. Asistencia a propietarios de bosques.   | Incidencia en conservación de bosques. Aprovechamiento sostenible del bosque. Asistencia familiar.                              |

**Figura 7. Relación costo/beneficio red Canje de deuda por naturaleza. Elaboración propia marzo de 2024, basado en (Raffestin, 2015, p. 84).**

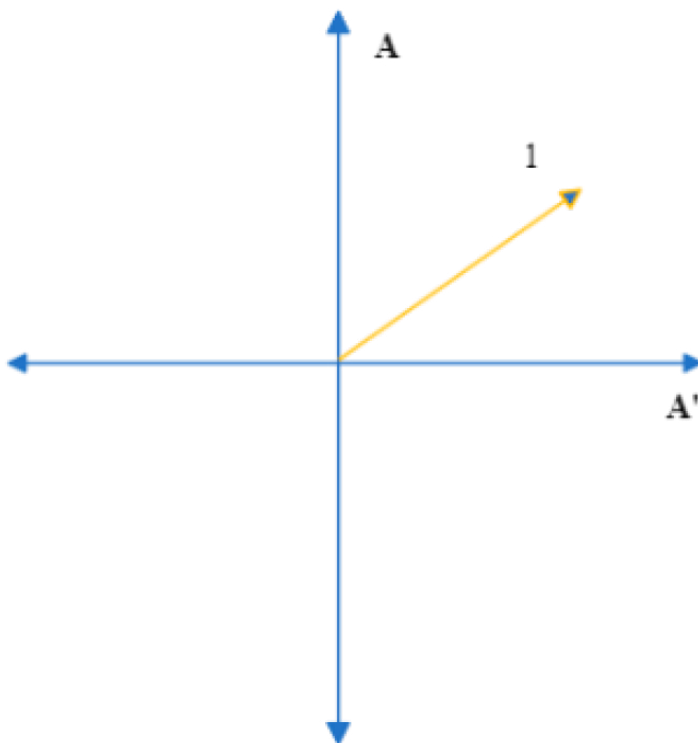


La red de canje de deuda por naturaleza es simétrica, con ventaja relativa a Costa Rica. Los beneficios se distribuyen a los seres vivos en la conservación y preservación ecosistémica y al Estado de Costa Rica en reducción de deuda externa. Puede considerarse altruista el objetivo de los Estados Unidos, pero la estrategia de política exterior es consolidar el modelo de dependencia regional.

**Tabla 3. Red de gobernanza canje de deuda por naturaleza. Elaboración propia marzo de 2024, basado en Asociación Costa Rica por Siempre (S.F).**

| RED DE GOBERNANZA             |                  |                      |               |  |   |   |   |
|-------------------------------|------------------|----------------------|---------------|--|---|---|---|
| Nombre de la red              | Actor            | Tipo de organización | Escala        | Canal relacional   | Estrategia  | Energía e información   | Objetivos   |
| Canje de deuda por naturaleza | Estados Unidos A | Estatal              | Supranacional | Canje de Deuda por Naturaleza entre Estados Unidos y Costa Rica. | Países considerados elegibles para condonación de deuda. Política internacional de la zanahoria y el garrote. | Reducción de ingresos corrientes de capital. Firma de acuerdos de cooperación internacional. Evaluaciones ex ante, concomitan | Implementar la normatividad estadounidense del Acuerdo de Conservación de Bosques y Ley de Conservación de los  |
|                               |                  |                      |               |  |   |   |   |
|                               | Costa Rica A'    |                      | Nacional      |  | Reducir la dependencia a la deuda externa.  | Monitoreo de la deuda externa y de seis Áreas Geográficas. Conformar red de implementación con más de 50 ONG.                 | “Comprar deuda externa, convertirla en moneda nacional y utilizar el producto resultante para financiar actividades de conservación” protección, restauración y uso sostenible de los bosques tropicales de Costa Rica. |

**Figura 8. Relación costo/beneficio red páramos para la vida. Elaboración propia marzo de 2024, basado en (Raffestin, 2015, p. 84).**

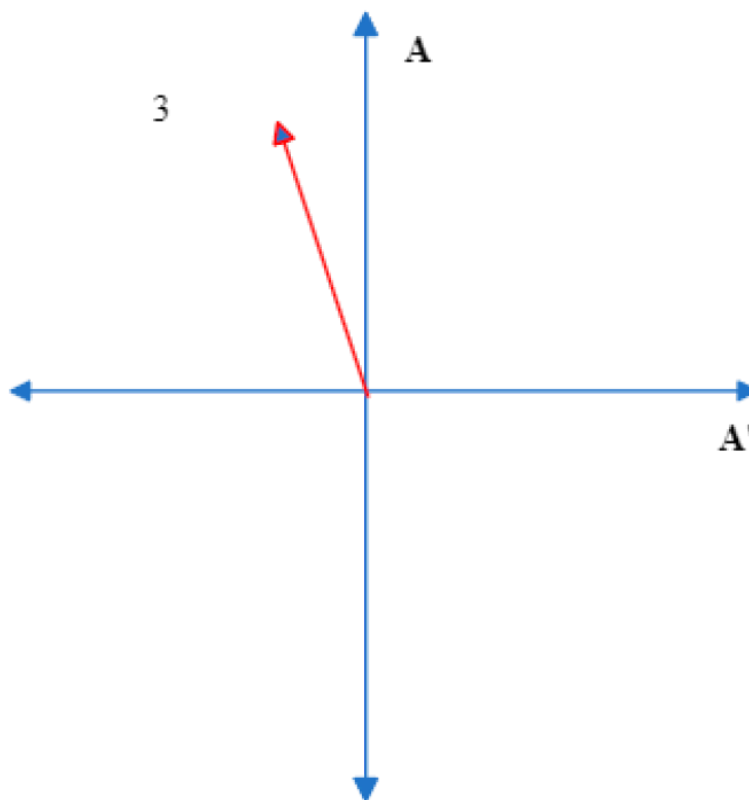


La red páramos para la vida es totalmente simétrica, los beneficios se distribuyen en dos vías de ejecución tanto de PNUD, como del Instituto Humboldt. Además, la red es fuertemente apalancada por instituciones oficiales, privadas y de las comunidades.

**Tabla 4. Red de gobernanza páramos para la vida. Elaboración propia marzo de 2024, basado en PNUD (2022).**

| RED DE GOBERNANZA    |   |   |               |                                      |  |   |  |
|----------------------|---|---|---------------|--------------------------------------|--|---|--|
| Nombre de la red     | Actor   | Tipo de organización  | Escala        | Canal relacional                     | Estrategia   | Energía e información   | Objetivos  |
| PÁRAMOS PARA LA VIDA | PNUD A  | Multilateral  | Supranacional |                                      | Desarrollo del ciclo del proyecto mediante metodología marco lógico. Tercerización de sus actividades mediante el ejecutor Instituto Humboldt.                                 | Firma de acuerdos de cooperación internacional. Evaluaciones ex ante, concomitante y expost de la inversión. Gestión de la cofinanciación del proyecto con más de diez instituciones. | Apalancar el cumplimiento de los ODS 5, 12, 13, 15.  |
|                      | Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt A' | Entidad vinculada al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible | Nacional      | Fondo para el Medio Ambiente Mundial | Cumplir la misión, visión y funciones del Instituto, junto a las demás delegadas por su estructura organizacional vinculado al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. | Ejecutar cada uno de los productos del proyecto en los territorios de páramo. Rendir cuentas periódicamente al PNUD de la ejecución del proyecto.                                     | 1. Fortalecimiento "de capacidades institucionales, comunitarias y de pueblos indígenas para la gestión integral de los páramos; 2. Gestión Integral de los páramos", apoyo en la formulación de los instrumentos de planificación ambiental. Fortalecimiento de la gobernanza ambiental; entre otros. |

Figura 9. Relación costo/beneficio Red Nacional de Acueductos Comunitarios de Colombia. Elaboración propia marzo de 2024, basado en (Raffestin, 2015, p. 84).

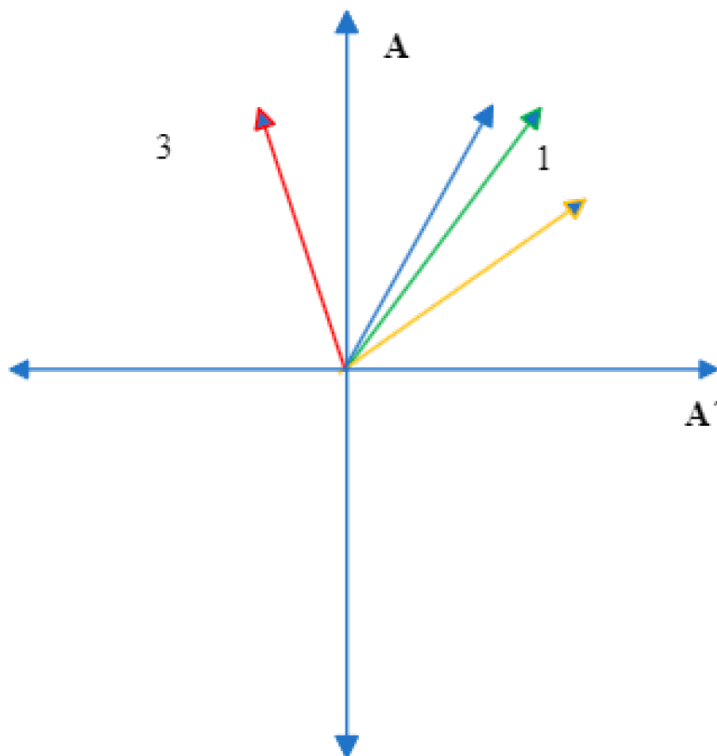


La Red Nacional de Acueductos Comunitarios de Colombia es asimétrica, donde los mayores costos le acarrearán al Gobierno Nacional. Esta situación se presenta por el limitado margen de gobernabilidad y legitimidad del presidente de la República Gustavo Petro, con el poder Legislativo, junto al agotamiento de la agenda legislativa y la limitación técnica de objetivos y alcances del Proyecto de Ley.

**Tabla 5. Red Nacional de Acueductos Comunitarios de Colombia. Elaboración propia marzo de 2024, basado en Congreso de la República de Colombia (2023).**

| RED DE GOBERNANZA                                   |                               |                      |               |   |  |  |  |
|---|-------------------------------|----------------------|---------------|---|--|--|--|
| Nombre de la red                                    | Actor                         | Tipo de organización | Escalera      | Canal relacional  | Estrategia   | Energía e información  | Objetivos  |
| Red Nacional de Acueductos Comunitarios de Colombia | Acueductos comunitarios       | ONG                  | Local-veredal | PROYECTO DE LEY NÚMERO 271 de 2022 SENADO "Por medio de la cual se garantizan los mecanismos de protección del derecho a la gestión comunitaria del agua, y se dictan otras disposiciones". | Tejer coalición política con el Gobierno Nacional de Colombia, para aprobar una Ley que fortalezca los acueductos comunitarios.  | Asambleas permanentes, asambleas consultivas, organización popular de <b>Juntas</b> de Acción Comunal, <b>conocimientos</b> ancestrales y comunitarios de captación, distribución y consumo de agua. | Derecho a la autogestión comunitaria del agua. Derecho individual al agua. Derecho colectivo al agua. Alianzas locales en contra de la producción de hidrocarburos.  |
|   | Gobierno Nacional de Colombia | Estatal              | Nacional      |   | Fortalecer alianzas con las organizaciones de Juntas de Acción Comunal, para tener mayor gobernabilidad y legitimidad política en la implementación del Plan Nacional de Desarrollo en torno al ordenamiento territorial alrededor | Plan Nacional de Desarrollo en torno al ordenamiento territorial del agua. Sistema Nacional Ambiental. Agenda legislativa del Proyecto de Ley 271 de 2022.   | Alianzas por el Agua y el cuidado de las microcuencas con tecnologías apropiadas. Incidencia política en las regiones: una apuesta por la permanencia de la autogestión comunitaria del agua en los territorios. Salvaguardar los ríos |

**Figura 10. Síntesis relaciones costo/beneficio de las redes de gobernanza multiescalar en áreas de páramo Costa Rica-Colombia. Elaboración propia marzo de 2024, basado en (Raffestin, 2015, p. 84).**



La configuración de redes de gobernanza multiescalar genera relaciones de beneficios de sus integrantes siempre y cuando se tengan objetivos claros (condicionante de existencia de una política pública). Ante la ausencia de objetivos, la Red Nacional de Acueductos Comunitarios de Colombia ha fortalecido la red con el Gobierno Nacional de Colombia para establecer arreglos institucionales normativos, entre los cuales se encuentra un proyecto de Ley para reconocer y apoyar las actividades de los acueductos comunitarios.

El caso contrario ocurre en las otras tres redes, las cuales parten de proyectos con objetivos, metas y presupuesto para llevar a cabo intervenciones concretas en los territorios. Además, se evidencia que en la configuración de redes que conducen a la gobernanza multiescalar del agua en las cuatro redes los beneficios son superiores a los costos.

En conclusión, no existe un nodo fuerte que cohesione la red de acueductos comunitarios, siendo este el eslabón más débil de la gobernanza del agua en el caso colombiano. Para analizar las redes de gobernanza multiescalar del agua en los territorios paramunos de Colombia y Costa Rica, a continuación, se resumen en dos tablas las clasificaciones de reglas y condiciones de gobernanza Ostrom (2000) para cada una de las redes.

La gobernanza del agua Ostrom (2000), se establece a través de un marco de reglas y condiciones para que se pueda desarrollar el policentrismo institucional (López & Parra, 2010). Las reglas se relacionan con la regulación y son establecidas por una autoridad para ser compartido y entendido conjuntamente por los participantes. El marco de cumplimiento de reglas se resume en la siguiente tabla:

Se verifica al igual que las figuras relacionales de poder, que la Red Nacional de Acueductos Comunitarios de Colombia cuenta con inconvenientes para cohesionar la gobernanza multiescalar del agua entre los niveles local y lo nacional de la administración pública. Entonces, en primer lugar, se evidencia la ausencia de nodos en la gobernanza (objetivos de política pública, presupuesto y proyectos). Segundo, la ausencia de reglas delimitativas de los actores que pueden hacer parte de la red. Tercero, la ausencia de canales de comunicación o reglas informativas. Cuarto, la ausencia de pago, que se sintetiza en presupuesto para llevar a cabo una acción sobre el territorio paramuno que garantice la implementación de las reglas institucionales.

**Tabla 6. Clasificación de reglas para la gobernanza de Ostrom. Elaboración propia marzo de 2024, basado en López & Parra (2009, p. 15).**

| Tipo de regla / componente que afectan | Verbo que las define  | SINAC-FUNDECOR | Canje de Deuda por Naturaleza entre Estados Unidos y Costa Rica. | Páramos para la vida | Red Nacional de Acueductos Comunitarios de Colombia |
|--|---|----------------|--|----------------------|---|
| <b>Reglas de posición</b>              | Están definidas por el verbo “ser o estar”                    | X              | X  | X                    | X   |
| <b>Reglas delimitativas</b>            | Están definidas por los verbos “entrar” o “salir”             | X              | X  | X                    |   |
| <b>Reglas de escogencia</b>            | Están definidas por el verbo “hacer”                          | X              | X  | X                    | X   |
| <b>Reglas de agregación</b>            | Están definidas por la conjugación “afectan”                  | X              | X  | X                    | X   |
| <b>Reglas informativas</b>             | Están definidas por los verbos “enviar” y “recibir”           | X              | X  | X                    |   |
| <b>Reglas de pago</b>                  | Están definidos por los verbos “pagar” o “recibir”            | X              | X  | X                    |   |
| <b>Reglas de campo de aplicación</b>   | Están definidos por el verbo “ocurrir” (en futuro imperfecto) | X              | X  | X                    | X   |

Además de que las redes de gobernanza cumplan con el marco institucional de reglas clasificadas en la Tabla 6; según Ostrom (2000, p. 148), para que exista gobernanza, el colectivo social o comunidad se debe cumplir con las siguientes condiciones:

**Tabla 7. Condiciones para la gobernanza de Ostrom. Elaboración propia marzo de 2024, basado en Ostrom (2000, p. 148).**

| CONDICIONES DE GOBERNANZA/RED   | SINAC-FUNDECOR | Canje de Deuda por Natural eza entre Estados Unidos y Costa Rica. | Páramos para la vida | Red Nacional de Acueductos Comunitarios de Colombia |
|---|----------------|---|----------------------|---|
| 1. Límites claramente definidos.  | X              | X   |                      |   |
| 2. "Coherencia entre las reglas de apropiación y provisión de las y con las condiciones locales". | X              | X   |                      |   |
| 3. Arreglos de elección colectiva.  | X              | X   | X                    | X   |
| 4. Supervisión.   | X              | X   | X                    |   |
| 5. Sanciones graduadas.   | X              | X   | X                    | X   |
| 6. Mecanismos para la resolución de conflictos.   | X              | X   | X                    | X   |
| 7. Reconocimiento mínimo de derechos de organización.   | X              | X   | X                    | X   |
| 8. Entidades anidadas o interdependientes.  | X              | X   | X                    | X   |

Los resultados de esta tabla evidencian la debilidad de la estructuración de redes de gobernanza multiescalar del agua en territorios paramunos de Colombia. Dicha debilidad se puede constatar en el proyecto Páramos para la vida PNUD (2022). Respecto a la primera condición, a diferencia de Costa Rica, Colombia en el siglo XXI no tiene esclarecidos los derechos de propiedad de la tierra; tanto así, que no conoce el Estado con certeza sus propios activos fijos y los territorios baldíos de la nación. Sumado al problema de

la ausencia de titulación de tierras, las áreas de páramo están aún en proceso de delimitación y establecimiento de acuerdos de usos prohibidos, restringidos y permitidos en estas áreas protegidas, lo cual se manifiesta en múltiples conflictos asociados al uso del suelo y la degradación ecosistémica con la ruptura de la cadena biótica.

Frente a la segunda condición, las reglas de apropiación y provisión respecto a las condiciones locales no se cumplen. Se reitera el diagnóstico del proyecto Páramos para la vida PNUD (2022) e incluso, municipios como Monguú en Boyacá- Colombia su propio palacio municipal o alcaldía está ubicado en suelo de protección; además los colonos (campesinos- terratenientes) queman reiteradamente áreas de páramo para extender la frontera agropecuaria con ganadería doble propósito, junto a cultivos de papa y cebolla.

Por último, la condición de sanciones graduadas en la Red Nacional de Acueductos Comunitarios de Colombia no existe, lo cual no permite corregir acciones no satisfactorias, e incluso puede expulsarse a algún integrante de la red arbitrariamente al no existir dicho instrumento.

## **Conclusiones**

La gobernanza multiescalar del agua se configura a través de redes políticas entre actores en un proceso histórico de territorialización de proyectos cuyo objetivo es la apropiación y control del agua tanto en Costa Rica como en Colombia. Este enfoque de redes de política en el territorio hidrosocial de páramo implica que el concepto de gobernanza tenga una revisión desde las institucionalidades estatales latinoamericanas que le permita relacionar a las personas, instituciones, cuerpos de agua, tecnología y entorno biofísico a la conservación y preservación ecosistémica de los páramos para garantizar la justicia hídrica.

La gobernanza implica contar con flujos de comunicación en los instrumentos de planificación, relaciones de poder armónicas que eviten asimetrías desiguales en las relaciones costo/beneficio, con reglas claramente definidas entre los actores para que incentive la cooperación, evitando la degradación ecosistémica. Además, la gobernanza implica la fijación de objetivos claros en términos de política pública y que se cuente con financiamiento para llevar a cabo intervenciones en proyectos por parte de la administración pública hidrosocial.

Administrar públicamente los territorios hidrosociales implica redefinir los roles del Estado y su papel en la gobernanza. Tal como se evidencia en las tablas, todas las redes de gobernanza se tejen con ONG, organizaciones sociales y población local, lo cual implica que la población asentada en los territorios de páramo, son un actor trascendental en la gobernanza multiescalar, pero a su vez, en el caso colombiano es el eslabón más débil y con esto se evidencian los múltiples conflictos de la tierra y las formas de producción social que conducen a la degradación ecosistémica.

En las lógicas de acción colectiva se requieren incentivos para que los actores cooperen, en función de tejerse redes de gobernanza multiescalar. El canal relacional que se configura a través de los nodos contractuales para implementar proyectos de inversión implicando a los actores, permite coger instrumentos de planificación territorial con objetivos de conservación y preservación del ecosistema paramuno.

A pesar de que los contenidos de geografía humana y política son muy limitados en los estudios de páramos costarricenses; estos si se encuentran en Colombia, donde están multiplicados los conflictos por las intervenciones antrópicas en los páramos. Sin embargo, donde más abundan los estudios de geografía física, de coberturas

en el poblamiento de flora y fauna; esta bibliografía contiene mayor productividad en Costa Rica y es donde se presentan menores conflictos de dicha índole.

El intercambio de conocimientos entre academia, institutos de investigación, entidades estatales, organizaciones comunitarias, empresarios agropecuarios, autoridades ambientales y organismos de cooperación internacional es de suma importancia para los países que cuenten con ecosistemas de páramo. Estos intercambios constituyen nodos en los cuales se fortalece a través de proyectos de cooperación la red de gobernanza multiescalar del agua en los territorios hidrosociales.

Si bien entre Costa Rica y Colombia hay semejanzas entre los ecosistemas de páramos tales como las formaciones vegetales, la geomorfología periglacial y la regulación hídrica, esta se ha venido afectado progresivamente por el calentamiento global, lo cual implica que afectaciones adicionales compartidas entre los países como la ocupación poblacional con usos indebidos del suelo debe atender a las recomendaciones de política pública de los tribunales. En el caso de Colombia el Consejo de Estado y la Corte Constitucional le han exigido a la rama ejecutiva del poder público implementar políticas públicas de reconversión agropecuaria y demás medidas para garantizar que las áreas protegidas se conserven y protejan para la regulación hídrica mediante la conservación y preservación ecosistémica.

## Referencias

- Asociación Costa Rica por Siempre (S.F). *Informe anual*. [https://enbcr.go.cr/sites/default/files/mg1\\_informe-acrxs-2016-2017.pdf](https://enbcr.go.cr/sites/default/files/mg1_informe-acrxs-2016-2017.pdf)
- Barreto, J. (2019). *Política pública de ordenamiento territorial en Colombia: conflicto interno y gobierno de los bienes comunes*. Universidad Nacional de Colombia.

- Barreto, J. (2017). *Políticas públicas endógenas ambientales y gobierno de los bienes comunes en la zona de reserva campesina del Valle del Rio Cimitarra*. Revista derecho y sociedad V13, N 21. P 177- 196.
- Boelens, R; Hoogesteger, J; Swyngedouw, E; Vos, J; Wester, P. (2016). *Hydrosocial territories: a political ecology perspective*. Water international. 41:1, 1-14.
- Castaño, C; Uribe, Lorena; Vidal, F; Rey, C. (2013). Colombia. En: HOFSTEDE, R., R SEGARRA y R MENA V. (Eds.). 2003. *Los Páramos del Mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos*. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia. Quito.
- Congreso de la República de Colombia (2023). *Proyecto de Ley 271 de 2022 Senado- Gestión comunitaria del agua*.
- Foucault, M. (2018). *Seguridad, territorio, población: Curso en el Collège de France 1977-1978*. Fondo de Cultura Económica. 1 ed. 4ta Reimpresión.
- Instituto de investigación de recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (2012). *Mapa de páramos de Colombia*.
- Hofstede, R; Segarra, R; Mena, V. (Eds.). 2003. *Los Páramos del Mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos*. Global Peatland Initiative/ NC-IUCN/EcoCiencia. Quito.
- Jessop, B; Brenner, N; Jones, M. (2008). *Theorising Socio-spatial Relations*. Environment and Planning D Society and Space. June 2008.
- Kapelle, M; Horn; S. (2016). *The Paramo ecosystem of Costa Rica's highlands*. Pp. 492-523. In: M. Kappelle, ed. *Costa Rican Ecosystems*. The University of Chicago Press. Chicago, Ill.
- Kapelle, M. (2003). Costa Rica. En: HOFSTEDE, R., R SEGARRA y R MENA V. (Eds.). 2003. *Los Páramos del Mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos*. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia. Quito.
- López, J; Parra, F. (2010). *El Análisis del Desarrollo Institucional (IAD) de Elinor Ostrom*. En: Roth, A. (eds.). *Enfoques para el análisis de políticas públicas*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

- Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (2024). *Gobernanza del agua*.
- Museo Nacional de Costa Rica. (S.F). *Descripción páramos de Talamanca*.
- Organización de Naciones Unidas (ONU). *Consejo Económico y Social. (5 de enero de 2006) Conceptos y terminologías de gobernanza y administración Pública*. Comité de Expertos en Administración Pública Quinto período de sesiones.
- Ostrom, E. (2000). *El gobierno de los bienes comunes: la evolución de las instituciones de acción colectiva*. Fondo de Cultura Económica.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo- PNUD (2022). *Proyecto: Páramos para la Vida*.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo- PNUD. (1997). *Governance for Sustainable Human Development, documento de política del PNUD*.
- Soto, M. (2018). *Mayor área protegida ayudará a bosque de páramo a enfrentar el cambio climático en Costa Rica*. Red de comunicación en cambio climático- Latinclima ONG.
- Raffestin, C. (2015). *Por una geografía del poder*. El Colegio de Michoacan editores.
- Rangel, O. (2000). *La región paramuna y franja aledaña en Colombia*. En: Colombia Diversidad Biótica III. La región de vida paramuna.
- Saquet, M. (2021). *Conciencia de clase y de lugar, praxis y desarrollo territorial*. CLACSO.
- Unidad de Planificación Rural. (2019). *Informalidad de la tenencia de la tierra en Colombia 2019*.
- Van Der Hammen, T. (1997). *Ecosistemas terrestres: Páramo*. En: Chaves, M; Arango, N. (eds.) Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad. Instituto Humboldt, PNUMA, Minambiente. Pp 9-37.
- Zurbriggen, C. (2011). *Gobernanza: una mirada desde América Latina*. Revista Perfiles Latinoamericanos, num. 38, julio- diciembre, pp. 39-64.



# Identificación de fuentes de contaminación acústica mediante el uso de SIG en la Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo

Julian Mares Valverde<sup>1</sup>

## Introducción

El sonido es una parte integral de la experiencia humana, pero cuando se convierte en un elemento excesivo y no deseado, se transforma en ruido, un contaminante invisible con efectos tangibles en la salud y el medio ambiente. La contaminación acústica, también conocida como ruido ambiental, se define como la presencia de sonidos que, por su intensidad, frecuencia o duración, resultan molestos y perjudiciales. A diferencia de otros contaminantes, el ruido es efímero y localizado, pero su impacto acumulativo es profundo.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha clasificado la contaminación acústica como la segunda causa de enfermedad por factores medioambientales en Europa, solo por detrás de la contaminación del aire (WHO, 2011). La exposición prolongada a altos niveles de ruido está asociada con una serie de trastornos que van desde el estrés, la irritabilidad y los problemas de concentración, hasta condiciones más graves como la pérdida de audición, trastornos del sueño y enfermedades cardiovasculares (Berglund et al., 1999).

A nivel mundial, la OMS estima que al menos mil millones de personas están expuestas a niveles de ruido perjudiciales. En la Unión Europea, por ejemplo, se calcula que 40 millones de personas sufren molestias

<sup>1</sup> Profesor investigador, en Universidad Autónoma Chapingo, México, JMARESV@chapingo.mx

por el ruido del tráfico a niveles superiores a los 55 decibeles (dB), umbral a partir del cual se observan efectos negativos en la salud. En el contexto de México, la situación es igualmente preocupante. Grandes urbes como la Ciudad de México son reconocidas internacionalmente por sus altos niveles de ruido, principalmente derivados del tráfico vehicular y la actividad industrial.

Sin embargo, la problemática no se limita a las fuentes tradicionales. Los entornos educativos, como escuelas y universidades, son ecosistemas acústicos complejos donde el ruido generado por la propia comunidad puede comprometer la calidad del ambiente de aprendizaje. El ruido excesivo en estos espacios dificulta la comunicación, reduce la capacidad de concentración y puede incrementar los niveles de estrés y nerviosismo en los estudiantes, afectando directamente su rendimiento académico (Aislamiento Acústico, 2023; Pérez, 2021).

En México, la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994 establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de fuentes fijas. Para zonas escolares en áreas exteriores y de juego, el límite máximo permitido es de 55 dB. Esta normativa, aunque fundamental, a menudo es desconocida o de difícil aplicación, lo que subraya la necesidad de realizar estudios locales que visibilicen el problema.

## **Justificación:**

### ***Relevancia de la problemática y del caso de estudio***

El ruido en los entornos educativos es un problema subestimado que impacta directamente en la salud y el proceso de enseñanza-aprendizaje. La Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo representa un caso de estudio de alta relevancia por varias razones. Primero, alberga una población considerable de 4,360 alumnos, junto con personal docente y administrativo, generando

una alta densidad demográfica en sus instalaciones. Segundo, su campus combina diversos usos de suelo en un área compacta: aulas, laboratorios, áreas administrativas, zonas de esparcimiento y espacios abiertos, lo que produce una dinámica acústica compleja y variable.

Estudiar este entorno permite no solo diagnosticar un problema local, sino también establecer un modelo de análisis y mitigación que podría ser replicado en otras instituciones educativas del país. Identificar las fuentes y los niveles de ruido es el primer paso para proteger la salud de la comunidad estudiantil y garantizar un ambiente propicio para el desarrollo académico.

### **Justificación del Uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG)**

La contaminación acústica es un fenómeno inherentemente espacial: su intensidad varía significativamente de un punto a otro. Por esta razón, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen la herramienta idónea para su análisis. El uso de SIG en este estudio se justifica por su capacidad para:

- Visualizar la distribución espacial del ruido: Permite transformar datos puntuales de mediciones en mapas continuos e intuitivos (mapas de ruido o de isófonas), que facilitan la identificación visual de “puntos calientes” o zonas de alta contaminación.
- Realizar análisis geoestadísticos: Herramientas de interpolación como el método Kriging permiten estimar los niveles de ruido en áreas no muestreadas, generando una representación completa del paisaje sonoro a partir de un número limitado de mediciones.
- Correlacionar el ruido con el uso del suelo: Facilita la superposición de la capa de ruido con mapas de las instalaciones (edificios, pasillos, áreas verdes), permitiendo establecer una relación directa entre los niveles de ruido y las actividades que se realizan en cada lugar.

- Apoyar la toma de decisiones: Los mapas generados son un insumo fundamental para que las autoridades institucionales planifiquen estrategias de mitigación focalizadas, como la reubicación de actividades ruidosas, la instalación de barreras acústicas o la implementación de políticas de gestión del ruido.

En resumen, el SIG trasciende la simple medición del ruido, convirtiendo los datos en información espacialmente explícita y procesable para la acción.

### **Objetivos:**

*Objetivo general:* Analizar la distribución espacial de la contaminación acústica en las instalaciones de la Preparatoria Agrícola para identificar las principales fuentes de ruido y evaluar su correspondencia con la normativa vigente.

### **Objetivos específicos:**

- Caracterizar los niveles de presión sonora (dB) en puntos estratégicos del campus durante periodos de alta actividad académica.
- Generar un mapa de isófonas mediante interpolación geoestadística (Kriging) para visualizar las zonas de mayor y menor exposición al ruido.
- Identificar las principales fuentes generadoras de ruido y su correlación espacial con las actividades e infraestructura institucional.
- Comparar los niveles de ruido registrados en las zonas críticas con los límites máximos permisibles establecidos en la NOM-081-SEMARNAT-1994.

### **Metodología:**

La metodología se estructuró en tres etapas principales, como se muestra en la imagen 1:

### **Imagen 1. Metodología empleada**



Fuente: Elaboración propia

#### ***Etapa 1: Planeación y Diseño del Muestreo.***

El área de estudio abarca aproximadamente 34,500 m<sup>2</sup>, comprendiendo las zonas de gobierno, laboratorios, aulas y áreas de esparcimiento, donde se concentra la mayor parte de la población estudiantil. Para sistematizar la recolección de datos, el área se dividió en una cuadrícula, generando 31 cuadrantes de 50x50 metros. Esta distancia se determinó como un equilibrio entre la resolución espacial deseada y la viabilidad logística del muestreo, considerándose suficiente para una caracterización preliminar de las principales zonas de ruido en el campus. Se calcularon las coordenadas geográficas del centro de cada uno de los 31 cuadrantes para establecer los puntos de medición como se aprecia en la imagen 2.

#### **Imagen 2. Ubicación geográfica del muestreo**



Fuente: Elaboración propia

## Etapa 2 Trabajos de campo

Las mediciones de los niveles de presión sonora (dB) se realizaron en el centro de cada uno de los 31 cuadrantes. Se empleó un sonómetro digital modelo UNI-T UT-353. Es importante señalar que, si bien este instrumento no es un equipo certificado de Clase 1 para estudios de precisión, su margen de error de  $\pm 1.5$  dB se considera adecuado para un estudio diagnóstico y exploratorio como el presente, permitiendo identificar de manera fiable las zonas de mayor contaminación acústica.

Las mediciones se llevaron a cabo durante una semana lectiva en horario vespertino (13:00 a 15:00 h), periodo que se caracteriza por una alta actividad y flujo de estudiantes entre clases y durante el receso. Se tuvo el cuidado de realizar la recolección de datos durante días de actividad académica normal, evitando eventos institucionales especiales (ceremonias, festivales) que pudieran generar mediciones atípicas y sesgar los resultados. En cada punto se registraron los valores de dB máximo (dB Max) y mínimo (dB Min) durante un periodo de observación, imagen 3:

Serie: Se identifico la serie a capturar periodo: *mañana, tarde, noche*.

ID: Identificador que servirá como campo llave para unir la base de datos con la base de datos geográfica.

dB Max: Registro del dB máximo.

dB Min: Registro del dB mínimo.

Fecha: Día en el que se realizó la lectura.

Hora: Horario en el que se realizó la lectura.

Actividad: Indica si el sonido era en actividad "*Normal*" y "*Evento*".

Foto: Se tomo una fotografía del lugar.

Video: Se hizo un video 360° en el centro del cuadrante.

Responsable: Anotar el nombre de la persona responsable de la captura de los datos.

Observaciones: Espacio para realizar alguna observación.

Etapa 3 Análisis de procesamiento de los datos.

Los datos recolectados en campo se sistematizaron en una hoja de cálculo (Microsoft Excel), creando una base de datos que incluyó un identificador por cuadrante (ID), los valores de dB Max y dB Min, y un campo calculado de “Promedio” entre ambos valores para cada punto, imagen 4.

### Imagen 3. Formato de captura de datos en campo



Universidad Autónoma Chapingo  
Departamento de Preparatoria Agrícola  
Área de Agronomía – Academia de Topografía



#### Contaminación Acústica – Preparatoria Agrícola

|   |                                  |
|---|----------------------------------|
| Serie:  |                                  |
| ID:   |                                  |
| dB – Max:   |                                  |
| dB – Min:   |                                  |
| Fecha:  |                                  |
| Hora:   |                                  |
| Actividad académica: Normal: <input type="checkbox"/> | Evento: <input type="checkbox"/> |
| Foto:   | Video:                           |
| Responsable de la captura:                            |                                  |
| Observaciones:  |                                  |

Fuente: Elaboración propia

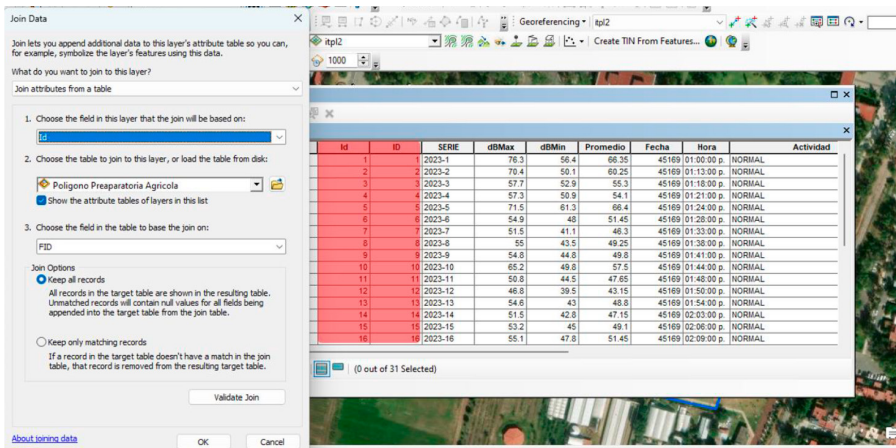
**Imagen 4. Base de datos en Excel**

|    | A  | B       | C     | D     | E        | F          | G              | H         |
|----|----|---------|-------|-------|----------|------------|----------------|-----------|
| 1  | ID | SERIE   | dBMax | dBMin | Promedio | Fecha      | Hora           | Actividad |
| 2  | 1  | 2024-1  | 76.3  | 56.4  | 66.35    | 22/03/2024 | 01:00:00 p. m. | NORMAL    |
| 3  | 2  | 2024-2  | 70.4  | 50.1  | 60.25    | 23/03/2024 | 01:13:00 p. m. | NORMAL    |
| 4  | 3  | 2024-3  | 57.7  | 52.9  | 55.3     | 24/03/2024 | 01:18:00 p. m. | NORMAL    |
| 5  | 4  | 2024-4  | 57.3  | 50.9  | 54.1     | 25/03/2024 | 01:21:00 p. m. | NORMAL    |
| 6  | 5  | 2024-5  | 71.5  | 61.3  | 66.4     | 26/03/2024 | 01:24:00 p. m. | NORMAL    |
| 7  | 6  | 2024-6  | 54.9  | 48    | 51.45    | 27/03/2024 | 01:28:00 p. m. | NORMAL    |
| 8  | 7  | 2024-7  | 51.5  | 41.1  | 46.3     | 28/03/2024 | 01:33:00 p. m. | NORMAL    |
| 9  | 8  | 2024-8  | 55    | 43.5  | 49.25    | 29/03/2024 | 01:38:00 p. m. | NORMAL    |
| 10 | 9  | 2024-9  | 54.8  | 44.8  | 49.8     | 30/03/2024 | 01:41:00 p. m. | NORMAL    |
| 11 | 10 | 2024-10 | 65.2  | 49.8  | 57.5     | 31/03/2024 | 01:44:00 p. m. | NORMAL    |

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se utilizó el software ArcGIS 10.5 para el análisis espacial. La base de datos tabulares se unió con la capa de puntos de muestreo georreferenciados, utilizando el campo “ID” como llave.

**Imagen 5. Unión de base de datos**



Fuente: Elaboración propia

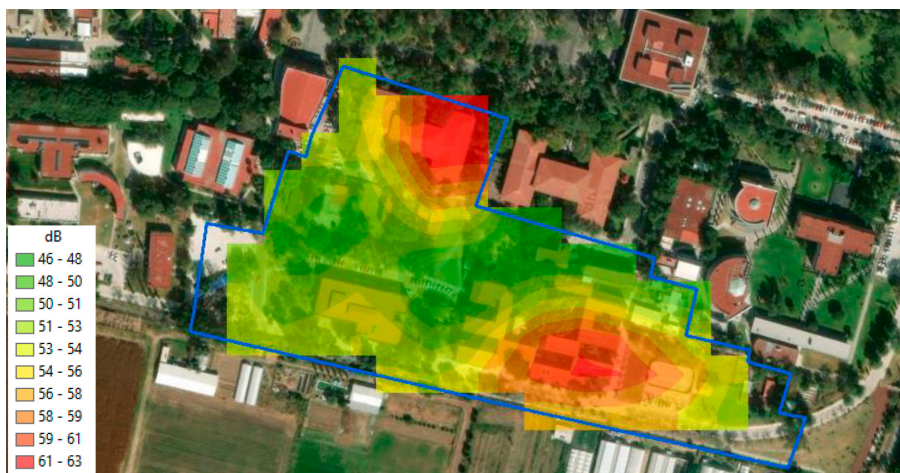
Para generar el mapa de ruido, se empleó el método de interpolación geostatística Kriging Ordinario. Este método fue seleccionado por ser robusto para modelar fenómenos que varían de forma gradual en el espacio, como el ruido ambiental. El Kriging estima los valores en ubicaciones no muestreadas basándose en la autocorrelación espacial de los datos medidos, ponderando los puntos cercanos de manera más significativa. Se configuró utilizando un modelo de semivariograma esférico, que se ajustó adecuadamente al comportamiento espacial de los datos de ruido.

El resultado fue un mapa de superficie continua (raster) que representa las isófonas, o curvas de igual nivel sonoro, para toda el área de estudio.

### Resultados y Discusión:

El mapa de contaminación acústica generado (Imagen 6) revela una distribución heterogénea del ruido en el campus de la Preparatoria Agrícola, con zonas claramente definidas que superan los niveles recomendados por la normativa.

*Imagen 6. Mapa de la contaminación acústica*



Fuente: Creación propia

El hallazgo más significativo es que las áreas de mayor exposición al ruido, representadas en tonos rojos y naranjas en el mapa, superan consistentemente el límite de 55 dB establecido por la NOM-081-SEMARNAT-1994 para exteriores de recintos escolares. Se identificaron dos fuentes o focos principales de contaminación:

- Fuente de contaminación 1 (Zona centro-norte): Ubicada entre los edificios D, F y el área de columpios. En esta zona se registraron los niveles más altos, superiores a los 60 dB, llegando a picos de 63 dB. La causa de estos altos niveles se atribuye a una combinación de factores: es un área de alta congregación y tránsito de estudiantes, especialmente durante los recesos y cambios de clase; la presencia de la zona de esparcimiento (columpios) fomenta la conversación en voz alta y la actividad lúdica; y finalmente, el “efecto cañón” producido por la proximidad de las fachadas de los edificios, que amplifica y reverbera el sonido.
- Fuente de contaminación 2 (Zona sureste): Localizada frente al edificio de gobierno de la preparatoria y el edificio de agroecología. Esta área también presenta niveles superiores a los 55 dB. El ruido aquí se origina principalmente por el flujo constante de personas que acceden a las áreas administrativas y la interacción social en los pasillos y puntos de encuentro.

Los resultados permiten inferir que la principal causa de la contaminación acústica en la Preparatoria Agrícola no proviene de fuentes externas (como tráfico vehicular), sino que es de carácter antropogénico interno, generado por la propia dinámica de la comunidad universitaria. Esto tiene implicaciones directas para las estrategias de mitigación: más que enfocarse en barreras físicas contra el ruido exterior, las soluciones deben orientarse hacia la gestión de las actividades y la concientización de la comunidad.

El hecho de que las mediciones se realizaran en el horario de mayor

actividad vespertina resalta la exposición de los estudiantes al ruido precisamente en momentos de descanso o socialización entre periodos lectivos. Esta exposición continua, aunque no provenga de fuentes industriales, puede generar los efectos adversos en la concentración y el bienestar mencionados en la literatura. La falta de aplicación y monitoreo de la NOM-081 en este tipo de entornos deja a la comunidad estudiantil en una situación de vulnerabilidad ante un contaminante silencioso pero perjudicial.

### **Conclusiones y Recomendaciones:**

Este estudio demostró la eficacia de los Sistemas de Información Geográfica como herramienta para el diagnóstico y análisis de la contaminación acústica en un entorno educativo complejo. La metodología empleada permitió no solo medir, sino también visualizar y comprender la distribución espacial del ruido en la Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo.

### **Las conclusiones principales son:**

- *Conclusión 1:* Se identificaron y cartografiaron con éxito dos “puntos calientes” de contaminación acústica, cuyas fuentes son principalmente de origen antropogénico interno, relacionadas con la alta congregación de estudiantes y las actividades de esparcimiento.
- *Conclusión 2:* Se constató que los niveles de ruido en estas zonas críticas superan significativamente el límite de 55 dB estipulado por la NOM-081-SEMARNAT-1994, lo que representa un incumplimiento de la normativa y un riesgo potencial para la salud y el rendimiento académico de la comunidad.
- *Conclusión 3:* El análisis espacial mediante Kriging se reveló como una técnica robusta y adecuada para modelar el paisaje sonoro, proporcionando un insumo visual y cuantitativo de gran valor para la toma de decisiones.

A partir de estos hallazgos, se proponen las siguientes recomendaciones a las autoridades de la Preparatoria Agrícola:

- Implementar un programa de monitoreo acústico periódico para evaluar la variabilidad del ruido en diferentes horarios y épocas del año y medir el impacto de futuras intervenciones.
- Diseñar y ejecutar una campaña de concientización dirigida a estudiantes y personal sobre los efectos negativos del ruido y la importancia de mantener un ambiente sonoro saludable.
- Evaluar opciones de mitigación específicas para las zonas críticas, que podrían incluir desde medidas de gestión (como la designación de “zonas de bajo ruido”) hasta intervenciones de diseño arquitectónico o paisajístico (por ejemplo, el uso de vegetación como barrera acústica natural).
- Utilizar este estudio como un proyecto piloto que impulse a la Universidad Autónoma Chapingo a posicionarse como una institución líder en la gestión ambiental de sus campus, promoviendo la aplicación de la normativa vigente

## **Referencias**

- Aislamiento Acústico. (2023). La contaminación acústica en los colegios. Europea de Acústica. Recuperado de <https://www.europeanacustica.com/aislamiento-acustico/la-contaminacion-acustica-en-los-colegios>
- Berglund, B., Lindvall, T., & Schwela, D. H. (Eds.). (1999). Guidelines for community noise. World Health Organization.
- Bostanci, B. (2018). Accuracy assessment of noise mapping on the main street. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(4). doi: 10.1007/s12517-017-3343-z
- Cressie, N. A. C. (1993). *Statistics for Spatial Data*. Wiley-Interscience.
- Guzmán, C. (2023). ¿Qué es la contaminación acústica?. CEUPE Magazine. Recuperado de <https://www.ceupe.mx/blog/que-es-la>

contaminacion-acustica.html

- Khan, J., Ketzler, M., Kakosimos, K., Sørensen, M., & Jensen, S. S. (2018). Road traffic air and noise pollution exposure assessment – A review of tools and techniques. *Science of the Total Environment*, 634, 661–676. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.374>
- Khilman, T. (2004). Noise pollution in cities, Curitiba and Goteborg as examples. In: *Proceedings of the Seminar – Environmental Aspects of Urbanization – Seminar in Honor of Dr. Mostafa Kamal Tolba*. Gothenburg, Sweden.
- Maguire, D. J. (2016). ArcGIS: General-Purpose GIS Software. *Encyclopedia of GIS*, 1–8. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-23519-6\\_68-2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-23519-6_68-2)
- Murillo, D., Ortega, I., Carrillo, J. D., Pardo, A. y Rendón, J. (2012). Comparación de métodos de interpolación para la generación de mapas de ruido en entornos urbanos. *Ingenierías USBMed*, 3(1), 62-68.
- OPS. (2024). Salud Auditiva. Organización Panamericana de la Salud. Recuperado de <https://www.paho.org/es/temas/salud-auditiva>
- Pérez, S. (2021). Contaminación Acústica. Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM. Recuperado de <https://www.atmosfera.unam.mx/contaminacion-acustica/>
- SEMARNAT. (1994). NOM-081-SEMARNAT-1994: Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado de <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD02/081.pdf>
- UNI-T. (s.f.). Mini Sound Meter UT353 [Imagen]. Dieltron. Recuperado de [www.dieltron.com](http://www.dieltron.com)
- World Health Organization (WHO) Regional Office for Europe. (2011). Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe. Copenhagen, Denmark.



# Estudio de percepción social del riesgo en Latacunga, Pujilí y Saquisilí

Jenny Criollo Salinas<sup>1</sup>

Sebastián Cárdenas Naranjo<sup>2</sup>

Diana López Guzmán<sup>3</sup>

## Introducción

La provincia de Cotopaxi enfrenta diversos riesgos sociales, físicos y climáticos, lo que motiva esta investigación a analizar cuantitativa y cualitativamente su percepción en los cantones de Latacunga, Saquisilí y Pujilí, según los sectores censales del INEC. Pese a la evidencia de estas amenazas, muchos habitantes las subestiman, desconocen su magnitud o ignoran sus posibles impactos en viviendas, familias y comunidades.

Este estudio busca comprender el comportamiento de la población frente a los riesgos, aportando datos para una planificación territorial basada en evidencia académica. Desarrollado por la Asociación de Profesionales de Gestión de Riesgos del Ecuador y el Instituto Superior Tecnológico Cotopaxi, la investigación empleó métodos mixtos y Tics para evaluar la percepción social del riesgo en Latacunga, incorporando a actores locales en la recolección y procesamiento de información. El riesgo, entendido como la interacción de amenazas, vulnerabilidades, exposición y resiliencia, es percibido espacialmente por la población y forma parte de sus representaciones cotidianas.

---

<sup>1</sup> Máster en Gestión y Auditoría Ambientales. Instituto Superior Universitario Cotopaxi, Ecuador. [jmcriollos@istx.edu.ec](mailto:jmcriollos@istx.edu.ec)

<sup>2</sup> Magíster en Urbanismo mención en Gobernanza y Planificación Urbana con enfoque al Cambio Climático. Instituto Superior Universitario Cotopaxi, Ecuador. [cscardenasn@istx.edu.ec](mailto:cscardenasn@istx.edu.ec)

<sup>3</sup> Máster en Dirección y Administración de Empresas. Instituto Superior Universitario Cotopaxi, Ecuador. [drlopezg@istx.edu.ec](mailto:drlopezg@istx.edu.ec)

El contenido teórico sobre percepciones y representaciones del espacio, y la complejidad del riesgo, orienta el análisis hacia la percepción y representación de cada factor del riesgo desde una perspectiva multiamenaza. Esto se refleja en una metodología centrada en la recolección de información ciudadana sobre la percepción de cada factor del riesgo. Generalmente, el estudio del riesgo se basa en un proceso técnico que, mediante métodos estadísticos y matemáticos, determina la probabilidad de ocurrencia de eventos adversos según las amenazas y vulnerabilidades del área de estudio. No obstante, la percepción humana introduce un enfoque subjetivo al riesgo, lo cual puede llevar a resultados distorsionados si se omite la perspectiva de la población. Por tanto, un análisis de la percepción del riesgo es crucial para incluir al actor principal del estudio: la población. Esto permite obtener información diversa y esencial para entender su postura ante un evento adverso.

La investigación se centra en los cantones mencionados, utilizando sectores censales del INEC, con el objetivo general de crear un banco de información geográfica sobre la percepción del riesgo en zonas urbanas y rurales de Cotopaxi. Mediante técnicas estadísticas, se busca una comprensión profunda y representativa del fenómeno.

### **Revisión preliminar de la literatura**

El estudio técnico del riesgo tradicionalmente se ha abordado mediante metodologías cuantitativas basadas en modelos estadísticos y matemáticos. Estos enfoques permiten estimar probabilidades de ocurrencia de eventos adversos mediante el análisis de amenazas naturales o antrópicas y las vulnerabilidades presentes en un territorio determinado (Meyhuay, 2012). Sin embargo, como señalan Narváez et al. (2009), esta aproximación objetiva debe complementarse necesariamente con el componente subjetivo que introduce la

percepción humana del riesgo, la cual está mediada por factores culturales, experiencias previas y condiciones socioeconómicas.

La importancia de incorporar la dimensión perceptual en los estudios de riesgo radica en que, como advierten Cid Ortiz et al. (2012) y Bravo et al. (2024), los análisis puramente técnicos pueden generar resultados que no reflejen adecuadamente la realidad social. La percepción ciudadana constituye un insumo fundamental para comprender las actitudes, comportamientos y capacidades de respuesta que desarrollan las comunidades ante potenciales escenarios de riesgo (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2019). Este enfoque integrador adquiere especial relevancia en los procesos de planificación territorial y diseño de políticas públicas de gestión de riesgos.

En el contexto ecuatoriano, el eje de seguridad integral del Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 establece como objetivo prioritario (Objetivo 9) “garantizar la seguridad ciudadana, orden público y gestión de riesgos”, mostrando clara sintonía con el Objetivo 11 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Esta convergencia programática busca promover el desarrollo de territorios más inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles, donde la gestión prospectiva del riesgo juega un papel estratégico (Orellana et al., 2023).

La política pública 9.3 del mencionado plan enfatiza específicamente la necesidad de “impulsar la reducción de riesgos de desastres y atención oportuna de emergencias ante amenazas naturales o antrópicas en todos los sectores y niveles territoriales” (Secretaría Nacional de Planificación, 2021, p. 22). Esta orientación refuerza la importancia de generar información territorializada sobre percepciones de riesgo, tal como propone esta investigación.

Como señala Maisa (2021) y Carrión et al. (2024), la efectividad de las estrategias de reducción de riesgos depende críticamente de dos factores: primero, de la calidad y oportunidad en la difusión de información a la población; y segundo, de la coordinación intersectorial e interinstitucional para implementar acciones preventivas. Estos elementos resultan particularmente relevantes en contextos como el de la provincia de Cotopaxi, donde coexisten múltiples amenazas naturales con condiciones de vulnerabilidad socioeconómica que requieren aproximaciones integrales al fenómeno del riesgo (Velasco, 2019).

*“El objetivo 11 de los ODS procura que ciudades y asentamientos con políticas y planes para resiliencia aumenten, este intenta integrar la gestión de riesgo en todos los niveles de gobernanza, a nivel nacional, regional y secciona. Con relación al proyecto este objetivo aporta ideas para una gestión segura, enfocada a la prevención de desastres. Para el cumplimiento de esta política, es necesario levantar y difundir conocimientos sobre riesgo de desastres a nivel nacional, con la participación de instituciones académicas y de ciencias técnicas, para facilitar la toma de decisiones sobre desarrollo sostenible, además integrar las variables de gestión del riesgo de desastres en todos los niveles de acción en la región” (ONU, 2015, p. 54).*

## **Metodología**

La presente investigación adoptó un diseño no experimental de carácter descriptivo, orientado a caracterizar la percepción social del riesgo en los cantones de Latacunga, Saquisilí y Pujilí, provincia de Cotopaxi. Los estudios descriptivos permiten documentar y analizar fenómenos sociales en su contexto natural, sin manipulación de variables (Haro et al., 2024), lo que resulta idóneo para explorar las percepciones ciudadanas sobre riesgos en sus diversas dimensiones.

La metodología combinó enfoques cuantitativos y cualitativos

para lograr una comprensión integral del fenómeno. El componente cuantitativo se basó en la aplicación de encuestas estructuradas a una muestra total de 900 personas, distribuidas proporcionalmente según la densidad poblacional de cada cantón: 504 en Latacunga (56%), 196 en Saquisilí (21.8%) y 200 en Pujilí (22.2%). Esta distribución respondió a un muestreo estratificado con afijación proporcional, que buscó garantizar representatividad territorial (Puente et al., 2017). La selección de participantes se realizó mediante muestreo no probabilístico por conveniencia en espacios públicos estratégicos, considerando diversidad sociodemográfica (edad, género, zona de residencia) para capturar distintas perspectivas.

El instrumento cuantitativo consistió en un cuestionario validado mediante prueba piloto, que incluyó preguntas tipo Likert y de opción múltiple sobre percepción de seguridad, conocimiento de amenazas naturales y antrópicas, y nivel de preparación ante emergencias. Los datos fueron procesados mediante análisis descriptivo (frecuencias, porcentajes y medidas de tendencia central), lo que permitió identificar patrones predominantes en las percepciones de riesgo por cantón y grupo poblacional.

Complementariamente, el enfoque cualitativo se desarrolló a través de 30 entrevistas semiestructuradas (10 por cantón) a informantes clave, funcionarios de gestión de riesgos y expertos en temas ambientales. Estos actores fueron seleccionados por su conocimiento experto o su rol representativo en la comunidad. Las entrevistas, grabadas y transcritas, se analizaron mediante codificación temática para identificar narrativas recurrentes y significados asociados al riesgo, lo que enriqueció la interpretación de los datos cuantitativos.

El rigor metodológico se aseguró mediante la estandarización de procedimientos, triangulación de fuentes (cuantitativas y cualitativas) y validación cruzada de resultados. Esta aproximación metodológica mixta permitió no solo cuantificar las percepciones predominantes, sino también contextualizarlas desde las experiencias y discursos locales, proporcionando así una base sólida para recomendaciones adaptadas a las realidades específicas de cada cantón estudiado.

### **Interpretación cuantitativa**

El análisis de la percepción social del riesgo en las localidades de Latacunga, Pujilí y Saquisilí revela importantes diferencias y similitudes en diversas dimensiones sociodemográficas y económicas. En términos de distribución geográfica, la mayoría de la población en Latacunga (83%) y Pujilí (93%) reside en áreas urbanas, al igual que en Saquisilí que predominancia la sección urbana con el 92%. Este dato es relevante para la planificación de políticas públicas, ya que las áreas urbanas y rurales enfrentan riesgos y desafíos diferentes.

La autoidentificación étnica muestra una mayoría mestiza en las tres localidades, con el 86% en Latacunga, el 84% en Saquisilí y el 79% en Pujilí. Sin embargo, se observa una significativa proporción de población indígena en Saquisilí (15%) y Pujilí (19%), lo que indica la importancia de considerar la diversidad étnica en la gestión del riesgo y la implementación de medidas inclusivas. En cuanto a la religión, la fe católica es predominante en todas las localidades, alcanzando el 76% en Latacunga, el 84% en Saquisilí y el 71% en Pujilí. Esto sugiere que las intervenciones basadas en la comunidad pueden beneficiarse de la colaboración con líderes religiosos locales.

El nivel educativo de la población revela que la mayoría ha alcanzado la educación secundaria: 52% en Latacunga, 42% en Saquisilí y 52% en Pujilí. No obstante, aún existe un porcentaje significativo de personas con solo educación primaria o sin estudios, especialmente en Saquisilí (7% sin estudios). En términos de **actividad laboral**, se destaca la

alta proporción de trabajadores por cuenta propia: 48% en Latacunga, 60% en Saquisilí y 41% en Pujilí. Esto puede reflejar una economía local caracterizada por la informalidad y la falta de empleo formal, lo cual tiene implicaciones directas en la vulnerabilidad económica y social de la población.

Con respecto a la perspectiva social que tiene la población de estas tres ciudades en relación con diferentes áreas evaluadas, se hizo una variedad de preguntas con calificación Likert (escala de 1 al 5) para hablar de manera cuantitativa sobre la seguridad del sector. Cada uno de estos valores, sus frecuencias y apreciación estará descrita en la siguiente interpretación de resultados

**Tabla 1. Percepción social con respecto a la Movilidad**

|                  | <b>Como peatón</b> | <b>Como ciclista</b> | <b>Como conductor</b> |
|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| <b>Latacunga</b> | 1246               | 879                  | 1079                  |
| <b>Saquisilí</b> | 525                | 397                  | 435                   |
| <b>Pujilí</b>    | 489                | 312                  | 327                   |

Nota. Esta pregunta es valorada en una escala de 1 a 5, donde 1 es “Nada seguro” y 5 “Muy seguro”.

Los resultados evidencian una marcada preocupación por la seguridad vial en los tres cantones estudiados, con patrones similares en cuanto a los grupos más afectados. En Latacunga, los peatones registran los niveles más altos de inseguridad (1246 puntos), superando considerablemente a ciclistas (879 puntos) y conductores (1079 puntos). Esta tendencia se repite en Saquisilí, donde los peatones alcanzan 525 puntos frente a 397 de ciclistas y 435 de conductores, y en Pujilí, con 489 puntos para peatones comparados con 312 y 327 para los otros grupos.

Estos datos sugieren que los transeúntes son los usuarios más vulnerables del sistema de movilidad en toda la provincia. La consistencia de este patrón a través de los tres cantones indica problemas estructurales en la infraestructura peatonal, posiblemente relacionados con falta de aceras adecuadas, cruces peligrosos o iluminación insuficiente. Las diferencias absolutas entre cantones probablemente reflejen variaciones poblacionales y de desarrollo urbano, pero la jerarquía de inseguridad se mantiene invariable.

**Tabla 2. Percepción social con respecto a la Seguridad Ciudadana**

|                  | De dejar su vivienda sola por varios días | De salir a la calle durante el día | De salir a la calle durante la noche |
|------------------|---|------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Latacunga</b> | 1030                                      | 1258                               | 898                                  |
| <b>Saquisilí</b> | 476                                       | 505                                | 390                                  |
| <b>Pujilí</b>    | 427                                       | 461                                | 345                                  |

Nota. Esta pregunta es valorada en una escala de 1 a 5, donde 1 es “Nada seguro” y 5 “Muy seguro”.

El análisis de los datos sobre seguridad ciudadana revela variaciones significativas según el momento del día. En Latacunga, la percepción de seguridad al transitar por la calle durante el día (1258 puntos) contrasta marcadamente con la sensación nocturna (898 puntos), mostrando una diferencia de 360 puntos. Saquisilí presenta un patrón similar, aunque menos pronunciado, con 505 puntos para el día frente a 390 para la noche (diferencia de 115 puntos). Pujilí muestra la variación más moderada, con 461 puntos diurnos contra 345 nocturnos (116 puntos de diferencia).

Un hallazgo relevante es que la percepción de seguridad al dejar la vivienda desatendida ocupa una posición intermedia en los tres

cantones (1030 en Latacunga, 476 en Saquisilí y 427 en Pujilí). Esto sugiere que la preocupación ciudadana se centra más en la integridad personal durante el uso del espacio público que en la protección de bienes materiales. La mayor brecha en Latacunga podría relacionarse con características urbanas específicas de esta ciudad más poblada.

**Tabla 3. Conocimiento sobre exposición a eventos peligrosos**

| Eventos                  | Latacunga | Saquisilí | Pujilí |
|--------------------------|-----------|-----------|--------|
| Sismos                   | 14,79%    | 12,71%    | 12,58% |
| Caída de ceniza          | 10,81%    | 8,68%     | 11,93% |
| Lahares                  | 5,36%     | 4,52%     | 3,37%  |
| Sequías                  | 8,13%     | 11,49%    | 13,23% |
| Heladas                  | 9,57%     | 13,57%    | 14,27% |
| Deslizamiento de tierras | 5,13%     | 5,50%     | 4,02%  |
| Inundaciones             | 3,97%     | 4,65%     | 3,63%  |
| Incendios forestales     | 4,39%     | 5,26%     | 3,24%  |
| Accidentes de tránsito   | 8,23%     | 6,48%     | 9,08%  |
| Delincuencia             | 15,48%    | 14,30%    | 14,27% |
| Violencia de género      | 4,48%     | 4,89%     | 3,50%  |
| Covid-19                 | 9,66%     | 7,95%     | 6,87%  |
| TOTAL                    | 100 %     | 100 %     | 100 %  |

El análisis de las percepciones sobre eventos peligrosos muestra perfiles diferenciados por cantón; en Latacunga destacan la delincuencia (15.48%) y los sismos (14.79%) como las principales preocupaciones, seguidos por accidentes de tránsito (8.23%). Saquisilí presenta un patrón similar con la delincuencia en primer lugar (14.30%), pero con mayor relevancia de fenómenos climáticos como heladas (13.57%) y sequías (11.49%). Pujilí, por su parte, muestra mayor sensibilidad hacia las heladas (14.27%) y sequías (13.23%), junto con accidentes de tránsito (9.08%).

Resulta llamativo el bajo porcentaje atribuido a amenazas volcánicas (lahares entre 3.37%-5.36%, caída de ceniza 8.68%-11.93%), pese a la presencia activa del volcán Cotopaxi. Esta aparente subestimación podría reflejar falta de información o procesos de normalización del riesgo entre la población. Las diferencias intercantones sugieren que las percepciones están influenciadas tanto por experiencias históricas locales como por la exposición real a diferentes amenazas, tal es el caso de Pujilí en donde la mayor preocupación es por agentes ambientales que pueden llegar a perjudicar las cosechas a diferencia de los datos en Latacunga, que, al ser una ciudad más industrializada, su preocupación radica en agentes sociales como la delincuencia y accidentes de tránsito.

**Tabla 4. Capacitación sobre gestión de riesgos**

| Ítem  | Latacunga | Saquisilí | Pujilí  |
|-------|-----------|-----------|---------|
| Si    | 44,62%    | 46,11%    | 51,28%  |
| No    | 55,38%    | 53,89%    | 48,72%  |
| Total | 100,00%   | 100,00%   | 100,00% |

**Tabla 5. Conocimiento sobre cambio climático**

| Ítem  | Latacunga | Saquisilí | Pujilí  |
|-------|-----------|-----------|---------|
| Si    | 61,80%    | 53,85%    | 60,10%  |
| No    | 38,20%    | 46,15%    | 39,90%  |
| Total | 100,00%   | 100,00%   | 100,00% |

La tabla muestra la participación en capacitaciones sobre gestión de riesgos en los cantones de Latacunga, Saquisilí y Pujilí. En Latacunga, el 44,62% de la población encuestada ha participado en alguna capacitación sobre gestión de riesgos, mientras que el 55,38% no lo ha hecho. En Saquisilí, el 46,11% ha recibido capacitación, mientras

que el 53,89% no lo ha hecho. Por último, en Pujilí, el porcentaje más alto de participación se registra con un 51,28%, mientras que el 48,72% no ha recibido capacitación. Estos datos sugieren que, aunque en general hay una proporción considerable de la población que ha recibido capacitación sobre gestión de riesgos, hay variaciones en la participación entre los tres cantones, siendo Pujilí el que presenta el mayor porcentaje de participación.

**Tabla 5. Conocimiento sobre cambio climático**

| Ítem  | Latacunga | Saquisilí | Pujilí  |
|-------|-----------|-----------|---------|
| Si    | 61,80%    | 53,85%    | 60,10%  |
| No    | 38,20%    | 46,15%    | 39,90%  |
| Total | 100,00%   | 100,00%   | 100,00% |

Los resultados revelan diferencias en el nivel de concienciación sobre el cambio climático entre los tres cantones estudiados. En Latacunga, se observa el mayor porcentaje de población informada (61.80%), seguido de cerca por Pujilí (60.10%), mientras que Saquisilí presenta el menor nivel de conocimiento (53.85%). Esta distribución muestra que, aunque en todos los cantones la mayoría de los encuestados afirma conocer sobre el fenómeno climático, existen variaciones territoriales notables.

El análisis comparativo indica que aproximadamente 4 de cada 10 habitantes en Latacunga y Pujilí desconocen el cambio climático (38.20% y 39.90% respectivamente), proporción que aumenta a casi la mitad de la población en Saquisilí (46.15%). Estas diferencias podrían relacionarse con factores como el acceso a información ambiental, programas educativos locales o la exposición a fenómenos meteorológicos extremos, que suelen generar mayor conciencia sobre el tema.

Pese a las variaciones intercantones, los datos confirman que más de la mitad de la población en cada territorio reconoce la existencia del cambio climático. Sin embargo, el porcentaje significativo de personas que declaran no tener conocimiento sobre el tema (entre 38% y 46%) sugiere la necesidad de fortalecer estrategias de comunicación y educación ambiental, particularmente en Saquisilí donde el desconocimiento es más acentuado. Estos resultados proporcionan una base importante para el diseño de políticas públicas adaptadas a las realidades específicas de cada cantón.

### **Interpretación cualitativa**

Los testimonios de funcionarios de gestión de riesgos y expertos ambientales revelan matices críticos que complementan los hallazgos cuantitativos. En Latacunga, los entrevistados coinciden en que la percepción predominante de inseguridad vial (cuantificada en 1246 puntos para peatones) responde a deficiencias estructurales: “Las aceras angostas y el tráfico caótico generan vulnerabilidad constante”. Esta observación experta corrobora los datos cuantitativos, explicando por qué el 83% de la población urbana reporta mayor inseguridad peatonal.

En Saquisilí, los expertos vinculan la menor percepción de amenazas volcánicas (solo 4.52% para lahares) con un fenómeno de normalización del riesgo: “Las comunidades indígenas han convivido por generaciones con el Cotopaxi, subestimando su peligrosidad”. Esta perspectiva cualitativa contextualiza el aparente contraste con los datos cuantitativos de Pujilí, donde pese a similar exposición volcánica, las comunidades agrícolas muestran mayor preocupación por heladas (14.27%) y sequías (13.23%): “Para nuestros agricultores, el cambio climático no es teoría; es pérdida real de cosechas”.

Mientras los datos cuantitativos muestran que 51.28% en Pujilí ha recibido capacitación en gestión de riesgos (vs 44.62% en Latacunga), las entrevistas revelan brechas en su efectividad: “Los talleres son esporádicos y no consideran saberes ancestrales” (Gestor de riesgos indígena). Esta crítica cualitativa matiza el aparente liderazgo positivo de Pujilí en capacitación, sugiriendo que la cobertura estadística no garantiza impacto real.

Sobrecambio climático, donde Saquisilí muestra menor conocimiento (53.85% vs 61.80% en Latacunga), los expertos identifican barreras culturales: “En comunidades indígenas, el concepto occidental de cambio climático no resuena; debemos traducirlo a su cosmovisión” (Educador ambiental). Esta percepción experta explica por qué, pese a programas formales, casi la mitad de la población rural (46.15%) declara desconocimiento.

## **Conclusiones**

El presente estudio sobre percepción social del riesgo en los cantones de Latacunga, Pujilí y Saquisilí revela patrones complejos que demandan intervenciones diferenciadas según las características particulares de cada territorio. Los hallazgos muestran que en el ámbito urbano -donde reside entre el 83% y 93% de la población- existe una marcada inseguridad vial, particularmente en movilidad peatonal, con valores que alcanzan 1246 puntos en Latacunga y 489 en Pujilí. Esta problemática, confirmada por testimonios de expertos, exige rediseños de infraestructura con enfoque en accesibilidad y seguridad activa. Asimismo, la significativa brecha de seguridad entre el día y la noche -hasta 360 puntos de diferencia en Latacunga- sugiere la necesidad urgente de implementar sistemas de iluminación inteligente y patrullajes integrados.

Las diferencias en la percepción de amenazas naturales resultan particularmente reveladoras. Mientras en Latacunga predominan las preocupaciones por sismos (14.79%) y delincuencia (15.48%), Pujilí muestra mayor sensibilidad hacia fenómenos climáticos como heladas (14.27%) y sequías (13.23%). Esta divergencia refleja realidades productivas distintas entre contextos urbano-industriales y agrícolas, lo que debe traducirse en planes municipales diferenciados de gestión de riesgos. Sin embargo, preocupa la baja percepción de amenazas volcánicas como lahares (entre 3.37% y 5.36%), que contrasta con el riesgo geológico real de la zona, evidenciando fallas en la comunicación científica intercultural.

Se identifican importantes brechas en materia de capacitación y preparación. Aunque entre el 44% y 51% de la población reporta haber recibido capacitación en gestión de riesgos, las entrevistas cualitativas revelan que estos programas utilizan contenidos estandarizados que no incorporan adecuadamente los saberes locales, especialmente en comunidades indígenas donde representan hasta el 19% de la población en Pujilí. Además, la alta tasa de informalidad laboral -que alcanza el 60% en Saquisilí- limita el acceso a protecciones sociales básicas ante emergencias, aumentando la vulnerabilidad de estos grupos.

Para abordar estos desafíos, se recomienda implementar sistemas de alerta temprana multicapa que combinen tecnología moderna con sistemas ancestrales, buscando cubrir al 38-46% de la población que actualmente desconoce aspectos básicos sobre cambio climático. Es fundamental desarrollar planes de movilidad segura que prioricen corredores peatonales en Latacunga y rutas agrícolas en Pujilí, incorporando activamente a trabajadores informales en su diseño. El fortalecimiento de la educación ambiental requiere materiales bilingües que vinculen el conocimiento técnico con prácticas locales,

abordando por ejemplo el limitado 15% de conocimiento sobre riesgos por ceniza volcánica.

Esta investigación demuestra que las políticas efectivas de gestión de riesgos en Cotopaxi deben basarse en tres pilares fundamentales: la territorialización de las intervenciones según las realidades urbanas, agroindustriales e interculturales de cada cantón; la articulación intersectorial entre salud, transporte y producción agrícola; y la cogestión con participación activa de líderes comunitarios, mujeres y jóvenes en la toma de decisiones. Los resultados proporcionan no solo un diagnóstico preciso, sino una hoja de ruta para construir resiliencia desde las particularidades de cada territorio, donde el conocimiento técnico se articule con las percepciones y saberes locales. La implementación integral de estas recomendaciones podría reducir significativamente las vulnerabilidades identificadas durante los próximos años.}

## Referencias

- Cid Ortiz, G., Castro Correa, C., y Rugiero de Souza, V. (2012). *Percepción del riesgo en relación con capacidades de autoprotección y autogestión, como elementos relevantes en la reducción de la vulnerabilidad en la ciudad de la Serena*. Santiago, Chile: Universidad de Chile.
- Haro, A., Chisag, E., Ruiz, J., y Caicedo, J. (2024). Tipos y clasificación de las investigaciones. *Revista Latinoamericana de ciencias sociales y humanidades*, 5(2), 956-967. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i2.1927>
- Maisa, R. (13 de agosto de 2021). *Hay que cambiar la forma en que nos relacionamos entre nosotros y con la naturaleza*. Diario Uchile: <https://radio.uchile.cl/2021/08/13/maisa-rojas-sobre-cambio-climatico-hay-que-cambiar-la-forma-en-que-nos-relacionamos-entre-nosotros-y-con-la-naturaleza/>
- Meyhuay, T. M. (2012). *Propuesta de Zonificación Ecológica Económica*

*(ZEE) Del Distrito De Tarica. Huaraz.*

- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2019). *Conociendo la Zonificación Ecológica y Económica*. LIMA: Ministerio el ambiente (MINAM).
- Narváez, L., Lavell, A., y Pérez, G. (2009). *La gestión del riesgo de desastres*. Lima, Perú: Secretaría General de la Comunidad Andina.
- ONU. (2015). *Marco De Sendai Para La Reducción Del Riesgo De Desastres 2015-2030*. SENDAI.
- Orellana, A., Guzmán, S., y Irizarri, D. (2023). *Un paso hacia la resiliencia*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Puente, F., Hurtado, D., Morillo, J., Díaz, M., y Paz, G. (2017). Cálculo muestral estratificado con afijación proporcional al tamaño para el análisis de consumo, desplazamientos e identidad local en el distrito metropolitano de Quito. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 3(1), 85-97. <https://doi.org/10.29166/revfig.v1i1.60>
- Secretaría Nacional de Planificación. (2021). *Plan de Creación de Oportunidades 2021 - 2025*. SNP.
- Velasco, C. (2019). *Una aproximación a la percepción social del riesgo volcánico de la población urbana de Latacunga*. FLACSO Ecuador .

# Fragilidad ambiental del corredor biológico de manglares del Golfo de México

Celeste García Jaimes<sup>1</sup>

Tonahtiuco Moreno Codina<sup>2</sup>

Celia Hernández Diego<sup>3</sup>

## Introducción

Desde el siglo XVIII, periodo en el que se desarrollaba la explotación minera en la Nueva España, se tenía por manifiesto que toda la riqueza extraída del subsuelo eran propiedad de la Real Corona, y sólo ésta podía otorgar las concesiones a los dignos representantes de la nobleza la facultad de explotarlas a través de las “Reales Ordenanzas” (Madrid, 1783), las cuales permitieron la incursión de capitales extranjeros para la investigación, perforación y extracción de petróleo. Han sido muchas las desavenencias en materia de apropiación de los recursos naturales por parte de nuestro país, aun así, logrado la expropiación petrolera gracias al Gral. Lázaro Cárdenas, se consiguió la soberanía del petróleo y la consolidación de la paraestatal Petróleos Mexicanos (PEMEX), que permitió el desarrollo de la nación a base de la incursión de hidrocarburos localizando varias plantas petroquímicas al noreste, centro y sureste del país principalmente, que si bien han constituido un crecimiento sostenido al día de hoy se requiere de inversiones extranjeras para el desarrollo, funcionamiento y operatividad de los complejos petroquímicos de la nación.

El puerto petrolero de Dos Bocas ubicado en el municipio de Paraíso

---

1 Alumna del Doctorado en Ciencias y Artes para el Diseño, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, tecadmon2011@gmail.com

2 Profesor Investigador del Departamento de Urbanismo del Centro de Ciencias del Diseño y de la Construcción, Universidad Autónoma de Aguascalientes, tonahtiuco@gmail.com

3 Profesora Investigadora del Departamento Teoría y Análisis de la División de Ciencias y Artes para el Diseño, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, cehedi@correo.xoc.uam.mx

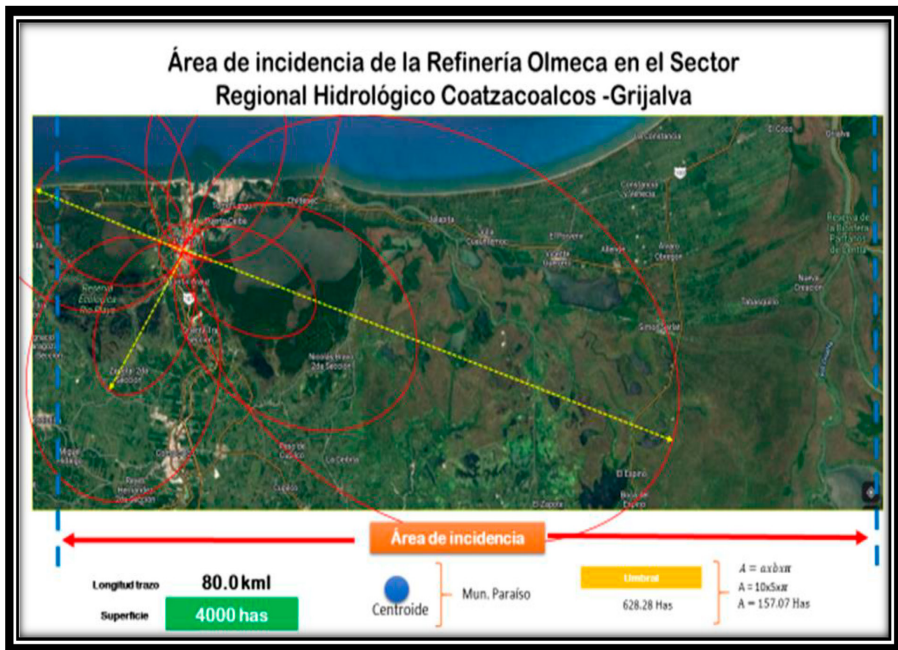
en el Estado de Tabasco, se ha ido consolidando a través del tiempo, con la intervención del modelo neoliberal, que trajo consigo inversiones de capital extranjero, los cuales han desarrollado una infraestructura donde convergen la zona destinada a un complejo industrial de carácter comercial en el ramo petrolero con operaciones nacionales e internacionales de gran envergadura sobre un polígono aproximado a los 700,000m<sup>2</sup>. Así como el emplazamiento de la refinería Olmeca, en la que se pretende producir más de 340,000 barriles de crudo diarios, realizando operaciones en el aumento del proceso de petróleo y la refinación de (gasolina, turbosina, combustóleo, entre otros productos), qué si bien no abastecerá al 100% la demanda nacional y de exportación, se pretende alcanzar el desarrollo regional mitigando la desigualdad con respecto a las regiones del norte del país.

Este complejo petroquímico, tan moderno, industrializado y automatizado no escapa a los riesgos potenciales en materia de seguridad, por una parte, la refinería se encuentra ubicada en la desembocadura del Río Grijalva y del Río Usumacinta en una zona pantanosa, siendo vulnerable a las inclemencias climáticas por fenómenos meteorológicos, así como también, dicha infraestructura pone en riesgo potencial a los asentamientos humanos, exponiendo la fragilidad ambiental de los diferentes sistemas ecológicos que se enlazan en una unidad compleja y sensible a las transformaciones sociales y productivas, coadyuvando a la contaminación de las cuencas hidrológicas Coatzacoalcos – Grijalva.

El área de incidencia de la refinería Olmeca en el Sector Regional Hidrológico Coatzacoalcos – Grijalva abarca un umbral aproximado de 628 hectáreas, por medio de la herramienta que engloba la unidad territorial y determina un radio de influencia (ver mapa No. 1), se muestra el amplio espectro de una unidad territorial que a partir del asentamiento humano del municipio de Paraíso da muestra de

un área siniestrada en cuanto al sistema del medio físico natural que abarca varios radios de confluencia y denotan la fragilidad a la que están expuestos los ecosistemas pertenecientes a los manglares que se ubican en las zonas pantanosas de la Laguna Mecoaacán y la reserva de la Biósfera de los Pantanos de Centla.

**Mapa No. 1 Área de Incidencia**



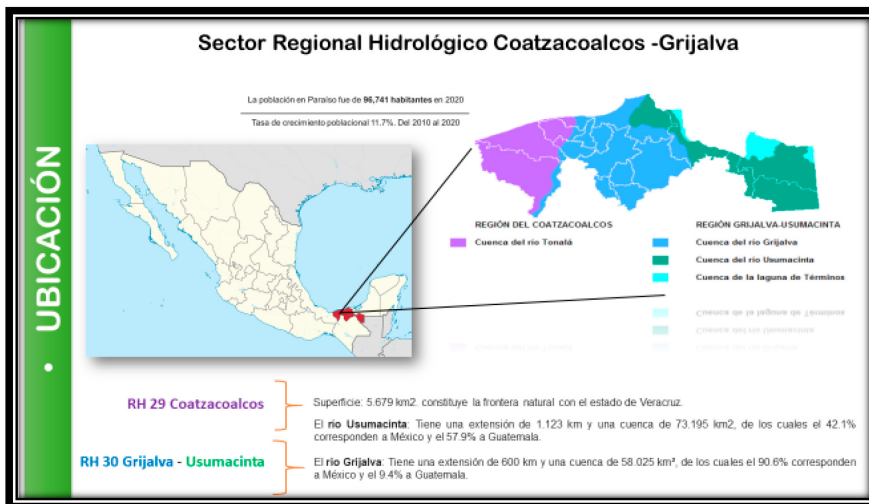
Fuente: Elaboración propia, con mapa de Google Earth.

Como se observa en el mapa No. 1 el área de incidencia abarca el litoral marítimo del Golfo de México exponiendo su flora y fauna acuática que representa el desarrollo económico de las localidades riverneñas, así como el equilibrio ecológico tanto marítimo como terrestre.

Imponer una nueva dinámica económica antineoliberal, no ha dejado de lado el hecho de continuar las operaciones en materia de

exploración, extracción, refinación, transporte, almacenamiento y distribución de hidrocarburos, como es el caso de estudio de la refinería Olmeca; el cual plantea de que se tiene proyectado procesar 340,000 barriles diarios de petróleo crudo entre otros derivados de alta toxicidad, (Plan de Negocios 2021 – 2025 de PEMEX), la ubicación de la refinería se encuentra hacia el oriente sobre el litoral de la línea costera del Golfo de México, en dirección norte con la reserva Ecológica de Río Playa, en el poniente con los centros de población del municipio de Pajaritos y en dirección sur con al Área Natural Protegida de la Laguna de Mecoacán y la Reserva de la Biosfera de los Pantanos de Centla. (ver diagrama No. 1).

**Diagrama No. 1 Ubicación del Sector Regional Hidrológico**



Fuente: Elaboración propia, con mapas de Google Earth de la Republica Mexicana y Sistemas lóticos de la página <https://ecosistemasacuaticos1.blogspot.com/2012/03/distribucion-del-agua-en-el-estado-de.html>

Está disposición geográfica conduce a la interacción entre un sistema productivo de alto riesgo (refinería), con ecosistemas

marinos y terrestres (sistemas bióticos y abióticos), así como la interrelación con los sistemas polinucleares dispersos de los asentamientos humanos, estas condiciones propician alteraciones a los ecosistemas y en consecuencia afectaciones en materia de degradación ambiental hacia los manglares y humedales de la cuenca hidrológica Coatzacoalcos – Grijalva.

El puerto de Dos Bocas cuenta con un parque industrial con una superficie de 700,000m<sup>2</sup> polígono que cuenta con infraestructura y equipamiento de última tecnología para el posicionamiento de empresas del ramo petrolero.

Derivado de lo anterior el presente estudio pretende evaluar el grado fragilidad a los que están expuestos los asentamientos humanos, los ecosistemas acuáticos (marinos y lacustres), así como determinar el impacto que tienen los derrames de petróleo al interior de los esteros y sobre la costa, determinando el potencial del impacto ambiental.

### **La importancia de los Manglares en el Golfo de México**

Los manglares del Golfo de México son ecosistemas costeros que brindan una diversidad de servicios ecológicos, económicos y sociales, están considerados como zonas de alimentación, refugio y crecimiento de crustáceos y alevines, actúan como sistemas naturales de control de inundaciones y como barreras contra huracanes e intrusión salina, controlan la erosión y protegen las costas, mejoran la calidad del agua al funcionar como filtro biológico, contribuyen en el mantenimiento de procesos naturales, en la sedimentación, así como, refugio de flora y fauna silvestre, (CONABIO, 2009).

En México, la pesca y la acuicultura son actividades económicas fundamentales en las comunidades costeras del Golfo, basando su éxito

en la dependencia de la extraordinaria biodiversidad de los manglares que proporcionan refugio y alimento a una gran variedad de peces, crustáceos y moluscos, estas áreas sirven como viveros naturales para muchas especies marinas comerciales y al desarrollo de la pesca local y regional, la destrucción de los manglares podría tener un impacto negativo directo en las poblaciones de estas especies, afectando la economía local y a la seguridad alimentaria.

Sobre la planicie costera de Tabasco escurren dos de los ríos más caudalosos de México, el Grijalva y el Usumacinta formando el Delta más importante de América septentrional y en el cual se ubica la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla con una extensión de 302,706 ha. Entre los Municipios de Centla, Jonuta y Macuspana abarcando el 12% de la superficie total de Tabasco. Mantienen en su interior el museo vivo de plantas acuáticas más importante de Mesoamérica además de, selvas de tinto, pukté y otras asociaciones con 569 especies de plantas y una fauna con más de 523 especies de vertebrados 123 de los cuales se encuentran amenazados o en peligro de extinción. (SEMARNAT, 2000).

En la República mexicana los manglares se desarrollan en las planicies costeras, esteros y lagunas costeras, cerca de las desembocaduras de ríos y arroyos. Los manglares son una transición entre los ecosistemas terrestres y los marinos, existiendo una conectividad entre los manglares, los pastos marinos y los arrecifes de coral que permite el flujo entre las especies que viven en estos ecosistemas (CONABIO, 2016). En México predominan cuatro especies de mangle:

“El mangle rojo (*Rhizophora mangle*), el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), el mangle negro (*Avicennia germinans*) y el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*) (Ramsar, 1997).

Las cuatro especies están sujetas a Protección especial de acuerdo

a la NOM 059 SEMARNAT – 2001 (DOF, 2002). A nivel regional existen diferencias entre los manglares que se distribuyen a lo largo de la línea costera del Pacífico y los manglares del Golfo de México y Caribe, normalmente influenciadas por los cambios latitudinales en temperatura, precipitación y por las características locales de los sustratos (CONABIO,2016).

### **Problemática de la zona de estudio**

En la zona de estudio convergen distintas problemáticas de diferentes magnitudes:

- Primero: la ubicación geográfica de la refinería Olmeca donde confluyen los afluentes del río Grijalva y el Usumacinta propician inundaciones y zonas pantanosas.
- Segundo: las condiciones naturales no permiten tener entronque para el aparcadero de suministro en el puerto desde el Golfo de México.
- Tercero: descargas de residuos petroquímicos directos al mar y a la Laguna Mecoacán sin tratamiento especializado.
- Cuarto: producción de emisiones contaminantes al aire producto del proceso de refinación de hidrocarburos.
- Quinto: contaminación de los cuerpos de agua ocasionados por los buques de carga y descarga.
- Sexto: localización de áreas susceptibles de crecimiento urbano para la población migrante, flotante y residente que trabajará en el complejo petroquímico en Paraíso, Comacalco y Nacajuca zona conurbada con Villa Hermosa.
- Séptimo: incremento de los servicios urbanos, equipamiento e infraestructura de redes de comunicación.
- Octavo: daño a la fragilidad ambiental de los ecosistemas terrestres y marinos.

- Noveno: contaminación de los cuerpos de agua y a la cuenca hidrológica Coatzacoalcos – Grijalva.
- Decimo: afectaciones meteorológicas y riesgos potenciales a siniestros al complejo petroquímico y a los asentamientos humanos.

## **Fundamento Teórico**

Hablar del medio ambiente nos conduce al estudio de los diferentes sistemas contenidos en el planeta tierra, los cuales han sido estudiados a través del tiempo desde Aristóteles hasta nuestros días. No olvidando las grandes aportaciones del llamado Príncipe de Botánicos Carl Nilsson Linnaeus (1707-1778), considerado el padre de la biodiversidad y de su concepto de Economía de la Naturaleza en el que describe a los sistemas de la naturaleza como elementos altamente jerarquizados y organizados interactuando entre ellos

Alrededor del primer cuarto de siglo XX en la Ciudad de Chicago, Estados Unidos de América se crea la Escuela de Sociología de Chicago, dadas las características de ubicación de la ciudad, ésta se empezó a transformar en el paradigma de la ciudad moderna debido a su nuevo concepto arquitectónico vertical basado en acero y hormigón trayendo consigo el crecimiento acelerado, los fenómenos de migración, la pujanza industrial y la acumulación de riqueza, dichas características hicieron que Chicago fungiera como un laboratorio de ciudad, aplicándose en los estudios de la

sociología urbana, la incorporación de la ecología, naciendo con ello la Ecología Urbana.

Sería a través de la Convención de la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura), en 1970, cuando se reconoce a la Ecología Urbana como ciencia para el estudio en pro de la conservación de la biodiversidad, así como de la

diversidad cultural, la interacción de la naturaleza con las ciudades o las poblaciones rurales con vistas al desarrollo sostenible.

En los informes de las Naciones Unidas (UN) referencian el crecimiento acelerado que están teniendo las zonas urbanas, de acuerdo al reporte de la (UN), 2018, el 55% de la población vive en ciudades y proyecta que para el 2050 América del Norte tenga una población urbana del 82%, seguida de América Latina y el Caribe con 81%, Europa 74%, Oceanía 68%, Asia 50% y África 43% (UN, 2018).

Ante tal panorama, el crecimiento urbano de las ciudades advierte problemas de dotación de servicios, consumo de agua, luz, energéticos, espacios y áreas de recreación, servicios de salud, educativos, movilidad, transporte, entre otros. Así como el constante suministro de comida a toda la población mundial, circunstancias que conllevan a la sobreexplotación de los cuerpos de agua, a la deforestación, a la pérdida de biodiversidad, a la contaminación de suelos, aire, agua, entre otras afectaciones al medio ambiente.

Ante tal escenario de cara al futuro, el planteamiento de la Ecología Urbana será el modelo teórico en la presente investigación, en donde las relaciones que se generan entre los habitantes, la expansión urbana y la refinería Dos Bocas que, en conjunto interactúan directa e indirectamente con los ecosistemas propios de los manglares presentes en la Región. Para ello se revisarán las teorías e investigaciones en el campo de la Ecología Urbana, así como la legislación en Tratados Internacionales y su correlación con las leyes mexicanas en materia ambiental.

El Graduate School of Design de la Universidad de Harvard en el 2014, definen el término de ecología urbana como: “la síntesis capaz de conectar la ecología y el urbanismo.” Donde se intenta poner de manifiesto métodos imaginativos y prácticos para abordar los cambios

climáticos y la sostenibilidad en el entorno urbano, entendiendo la ecología como un proyecto ético y político que engloba el medio ambiente, no solo como realidad física, sino también desde las relaciones sociales y la subjetividad humana.”(Mosfavai et al,2019).

Siendo una definición que aborda no solo las relaciones que se dan entre el medio ambiente y el medio físico construido, sino más bien como las actividades del hombre inciden directamente sobre el medio físico natural desbordándose en el caos de la irreversible pérdida de la fragilidad ambiental ante el desarrollo de la mancha urbana.

En el tercer cuarto de siglo XX los términos; calentamiento global, cambio climático y sostenibilidad, fueron dando carácter a las nuevas teorías del planteamiento urbano y una nueva dimensión en los estudios sobre los fenómenos meteorológicos, que coexisten dentro de la relación urbano-ecológica a través del intercambio de energía y materia, dando como resultado afectaciones tanto positivas como negativas al entorno de los sistemas urbanizados o rurales, así como al medio ambiente.

México cuenta con 764,486 hectáreas de manglares dentro de los 17 estados costeros, de las cuales 552,692 hectáreas (Gobierno de México, 2014), están registradas bajo el esquema de protección, siendo el 60% considerada como Área Natural Protegida ya sea federal o estatal, estas porcentaje de zonas de manglar coinciden con 56 sitios Ramsar, la Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional, conocida como la Convención de Ramsar, es un acuerdo internacional que promueve la conservación y el uso racional de los humedales. Es el único tratado mundial que se centra en un único ecosistema. Y recibe su nombre por la ciudad Iraní donde se firmó el tratado el 2 de febrero de 1971 (Ramsar.org).

*Dentro del contexto mundial el Informe del Grupo de Trabajo Abierto sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible “prevé que todos los humedales y la red de sitios Ramsar tendrán una relevancia directa para cualesquiera Objetivos de Desarrollo Sostenible que se elaboren en relación con la calidad y el abastecimiento de agua, la seguridad alimentaria y del agua, la adaptación al cambio climático, el suministro de energía, la vida saludable, la biodiversidad y el uso sostenible de los ecosistemas, los asentamientos humanos sostenibles, la erradicación de la pobreza, la innovación y el desarrollo de infraestructuras adecuadas”. (Ramsar.org).*

En el año de 1986 México se suma a este acuerdo con el objetivo de vigilar la conservación y uso sostenible de estos ecosistemas, a través de la instauración de políticas en sus diversos instrumentos de planeación en los tres niveles de gobierno. A partir de los principios y recomendaciones en los acuerdos internacionales; México a lo largo del tiempo ha tenido la necesidad de reformar algunos artículos constitucionales, iniciando en 1987 con la restructuración al artículo 27 donde se establecen con mayor precisión las medidas que se deben tomar para la preservación y restauración del equilibrio ecológico así como la conservación de los recursos naturales, a partir de estas reformas el Ejecutivo Federal faculta al Congreso de México para expedir leyes en materia de protección al medio ambiente. Formando el Marco de Legislación Ambiental en enero de 1988, siendo “el eje rector la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), ley que incluye en su contenido facultades para el ejercicio de la Ley por parte de las autoridades y a la vez regular lo que le permita la ley al accionar de las autoridades.

Con el objetivo de dar mayor precisión en la forma de abordar las problemáticas ambientales en junio de 1988 se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el Reglamento de la LGEEPA que incluye en el artículo 5 -llevar a cabo un Manifiesto de Impacto Ambiental (MIA),

el cual tiene como “objetivo prevenir, mitigar y restaurar los daños al ambiente, así como la regulación de obras o actividades para evitar o reducir sus efectos negativos en el ambiente y en la salud humana (PROFEPA, 2019).

Además, el ordenamiento de la LGEEPA cuenta con “leyes reglamentarias en Materia de Impacto Ambiental, de Residuos Peligrosos, de Contaminación por Ruido, de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica, de Prevención y Control de la Contaminación Generada por los Vehículos Automotores y por el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos, de Áreas Naturales Protegidas y de Auditoría Ambiental.

Al sistema jurídico ambiental se integran leyes sectoriales: General de Cambio Climático; General de Desarrollo Forestal Sustentable; de Pesca; General de Vida Silvestre; de Aguas Nacionales y Federal de Derechos en Materia de Agua y General de Bienes Nacionales, Ley General de Salud, Federal de Metrología y Normalización, Federal de Sanidad Animal Federal de Sanidad Vegetal, Federal del Mar, Minera, General de Asentamientos Humanos, Orgánica de la Administración Pública Federal y el Reglamento Interior de la Semarnat (SEMARNAT, 2020).

Así como la creación de Leyes en Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados, Ley de Productos Orgánicos, Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentables, Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, Ley Federal de Responsabilidad Ambiental y la Ley General de Cambio Climático.

Ahora bien, Las Áreas Naturales Protegidas (ANP), según la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), en el Artículo 44 menciona que “son zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la Nación ejerce

soberanía y jurisdicción, en las que los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano, o que sus ecosistemas y funciones integrales requieren ser preservadas y restauradas (Conanp,2020), administrándose actualmente 185 Áreas Naturales Protegidas de carácter federal que representan 90,958,374 hectáreas, de las cuales las reservas de la Biósfera de los Pantanos de Centla, en el estado de Tabasco, cuenta con una superficie de 2,466,700 hectáreas, de las cuales el 61% están dedicadas a actividades productivas y el 39% se distribuyen entre selva tropical perennifolia y vegetación acuática, (Ramsar,2015).

Esta zona fue declarada Área Natural Protegida Federal con categoría de Área de Protección de Flora y Fauna (APFF), las disposiciones de la (LGEEPA) en el Artículo 76 Título Segundo, Capítulo I, sección IV, referente al Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, menciona que:

“La Secretaría integrará el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP), con el propósito de incluir en el mismo, las áreas que por su biodiversidad y características ecológicas sean consideradas de especial relevancia en el país (Conanp,2020).

Es importante resaltar los objetivos de las Áreas Naturales Protegidas los cuales son:

- Preservar ambientes naturales representativos del país y los ecosistemas más frágiles para asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos.
- Salvaguardar la diversidad genética de las especies, asegurar la preservación y aprovechamiento sustentable de la biodiversidad del territorio nacional.
- Preservar de manera particular especies endémicas, raras o que se encuentren en alguna categoría de riesgo.

- Proporcionar un campo para la investigación científica, el estudio de los ecosistemas y su equilibrio.
- Generar, rescatar y divulgar conocimientos que permitan la preservación y aprovechamiento sustentable.
- Proteger todo aquello ubicado en los alrededores de zonas forestales en montañas donde se origine el ciclo hidrológico en cuencas, ya sea poblados, vías de comunicación, aprovechamientos agrícolas entre otros.
- Proteger áreas de importancia para la recreación, cultura, identidad nacional o de los pueblos indígenas, como las zonas arqueológicas, que se encuentren en los alrededores de la zona protegida (Conanp,2020).

Objetivos que deben ser implementados en los programas de planeación urbana y ordenamiento territorial estatal y municipal de los estados de Tabasco y Veracruz a fin de coadyuvar en la protección, restauración y conservación del ecosistema de manglares.

## **Metodología**

Emplear el sistema deductivo nos conduce a inferir que el municipio de Paraíso se ha ido construyendo en virtud de su posición geográfica, deduciendo que el auge en el frenesí por los descubrimientos de yacimientos petroleros ha representado un factor primordial para el establecimiento de los asentamientos humanos que han subsistido gracias a las riquezas naturales y a los productos extraídos del mar, marcando un crecimiento de la población, que se ha asentado en un sistema local con unidades territoriales de crecimiento independiente en dirección poniente hacia Nacajuca, configurando una composición espacial de células polinucleares con origen en la ciudad de Villa Hermosa.

Lo anterior determina que la variable de habitabilidad del municipio de Paraíso se desarrolla sobre la franja costera del litoral del Golfo de México con una superficie territorial de 377,6 km<sup>2</sup>, con una población de 96,741 habitantes, que inciden directamente sobre la Reserva Ecológica Río Playa, las Áreas Naturales Protegidas de la Laguna de Mecoacán, así como de la Reserva de la Biosfera de los Pantanos de Centla, ejerciendo presión sobre los ecosistemas.

Entonces, a través del sistema de cuadrantes se ubicará el polígono industrial de la refinería y su circunscripción con respecto a las Áreas Naturales Protegidas, así como las áreas urbanas y rurales bajo el Sistema de Información Geográfica de INEGI y CONABIO, llevando a cabo una correlación con el análisis deductivo sobre los hallazgos contenidos sobre el vector geográfico de estudio. Para poder determinar la fragilidad ambiental de la cuenca hidrológica sureste RH 29 Coatzacoalcos y la cuenca hidrológica RH 30 Grijalva se utilizarán sistemas de modelado o simulación ambiental como herramienta para predecir el comportamiento de sistemas (ecológicos, sociales e industriales).

De acuerdo el Grupo Intergubernamental de Intergovernmental Panel on Climate Change. Expertos sobre el Cambio Climático en la cumbre de Kioto, Japón, la vulnerabilidad la definen como “el grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y, en particular, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos.

La vulnerabilidad dependerá del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático a que esté expuesto un sistema, y de su sensibilidad y capacidad de adaptación, es decir, es la propensión o predisposición a verse afectado negativamente ante la presencia de fenómenos meteorológicos o climáticos. (INECC,2016). Para realizar el análisis de vulnerabilidad actual y futura, el Instituto Nacional de Ecología y

Cambio Climático (INECC) usa la metodología propuesta por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), que se retoma en la Ley General de Cambio Climático y que considera que la vulnerabilidad está en función de la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa (INECC,2016). Expresado en las siguientes formulas propuestas por el INECC:

$$\text{Vulnerabilidad} = f [(exposición + sensibilidad) - capacidad de adaptación]$$

Donde las variables exposición y sensibilidad representan el impacto al cambio climático en los municipios.

La variable capacidad de adaptación representa lo social, político y económico, en la implementación de acciones.

entonces tenemos que las primeras dos variables son tendientes a aumentar el puntaje final de la vulnerabilidad mientras que la capacidad de adaptación tiende a disminuir el puntaje a la vulnerabilidad de un municipio.

Para determinar la Vulnerabilidad con respecto al cambio climático, se partirá de un análisis cuantitativo en el que se analizaran:

*Sector Agua: Región Hidrológica RH 29 y RH 30*

- Determinar la Vulnerabilidad de la Región Hidrológica (Presión hídrica)
- Grado de Explotación de las Cuencas (GEC) (Estudios de Disponibilidad de Aguas Superficiales (DOF, 2015)
- Grado de Explotación de los Acuíferos (GEA) (Estudios de Disponibilidad de Aguas Subterráneas (DOF, 2015)
- Sector Industrial: Complejo Petroquímico
- Determinar la Vulnerabilidad por fenómeno Químico – Tecnológico en corelación con la contaminación ambiental por emisiones de  $CO_2$

Para determinar los índices de vulnerabilidad global, se calcularán primero los índices de vulnerabilidad Grado de Explotación de las Cuencas (GE), Grado de Explotación de los Acuíferos (GEA), los Sanitario Ecológicos (PA) y los Químico Tecnológicos (CA), (INECC,2016). expresados de la siguiente forma:

Con respecto a Ley General de Cambio Climático los indicadores de grado de exposición y sensibilidad son considerados con relación directa con la vulnerabilidad definiéndose como un impacto positivo (+), mientras que la capacidad de adaptación es una relación inversa con identificación de impacto negativo (INECC,2016).

## **Resultados**

Resultando el medio físico construido de la configuración espacial de la refinería y los asentamientos humanos formar una sinergia, en conjunto con la creciente invasión de superficie de las Áreas Naturales Protegidas para el desarrollo habitacional, comercial y de servicios, así como los cambios de uso de suelo para la industria petroquímica. Existiendo el documento jurídico - técnico del Programa municipal de Desarrollo Urbano de Paraíso 2021-2024 en el que integra dentro de sus ejes rectores en correspondencia con el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2024 el desarrollo de más infraestructura, el fomento del medio ambiente y los recursos naturales, documento en el que no existe una visión de prospectiva de cara al futuro que integre un Manifiesto Ambiental sobre la refinería, así como estudios de impacto urbano tendientes al cambio global y de resiliencia en la región de Tabasco.

En el Plan Nacional de Desarrollo 2019 - 2024 en su apartado de Economía y el Plan Estatal de Desarrollo de Tabasco solo prevén proyectos de infraestructura regional como el tren maya y el Programa para el desarrollo del Istmo de Tehuantepec, resaltando el rescate del sector energético para que PEMEX y la CFE vuelvan a operar como palancas de desarrollo nacional, destacando los proyectos que

impactan las regiones del Golfo como la construcción de la refinería en Dos Bocas, Paraíso, Tabasco.

Concluyendo que las acciones antrópicas ejercen una presión constante sobre el medio físico natural, causantes de desecación, explotación de aguas subterráneas, descargas de aguas contaminadas con desechos tóxicos de la explotación petrolera sobre los cuerpos de agua marinos y terrestres, así como las aguas residuales de las zonas urbanas sin tratamiento alguno, sumándose la contaminación del suelo, la tala inmoderada, la sobreexplotación de aves y peces, entre otros problemas ecológicos.

Derivados de una apropiación indebida sobre la legislación ambiental como la norma NOM-014-ASEA-2022 que contiene especificaciones para la explotación de hidrocarburos fuera de las áreas naturales protegidas.

Los manglares del Golfo de México enfrentan múltiples amenazas, que incluyen la deforestación para el desarrollo urbano y turístico, la contaminación, el cambio climático y la sobreexplotación de recursos. Así como las actividades petroleras y la extracción de gas. La pérdida de manglares no solo significa la desaparición de un hábitat específico, sino que también conduce a la destrucción de la capacidad de sus propios ecosistemas. Para evitar una catástrofe ecológica es necesario implementar y fortalecer estrategias de conservación, la gestión efectiva de áreas protegidas, la restauración de manglares degradados, la promoción de prácticas sostenibles de pesca y uso de la tierra, así como la sensibilización y educación de las comunidades locales que interactúan en el colectivo diariamente, a los gobiernos locales, municipales, estatales y federales y a la iniciativa privada sobre la importancia de estos ecosistemas, siendo la conservación y restauración de las zonas de manglares una prioridad para un futuro sostenible para las comunidades costeras y la biodiversidad de la región.

## **Referencias**

- AGUA, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
- ATLAS del Agua en México, Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) 2009.
- CARABIAS, J. Landa, R. (2005). Agua, Medio Ambiente y Sociedad Hacia la Gestión Integral de los Recursos Hídricos.
- CARREÑO, F. y Carrasco, R. (2015). Epistemología de la sustentabilidad, Consejo Editorial UAEMéx, México.
- CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, Gobierno de México.
- COMISIÓN Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Gobierno de México.
- DÁVILA, A. (2019). Modelos económicos de las regiones de México, Editorial Maporrúa, México.
- DIARIO Oficial de la Federación, Norma Oficial Mexicana. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, 5 de septiembre de 2018.
- DIARIO Oficial, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, lunes 21 de septiembre de 2020.
- FRIEDMANN, J. (2017). Planificación para el siglo XXI: El desafío del posmodernismo. En Ignacio Kunz Bolaños (comp), Planeación metropolitana, en busca de la integridad, México; Biblioteca Básica de las Metrópolis.
- GASCA, José. (2009). Geografía Regional. La región, la regionalización y el desarrollo regional, México. Instituto de Investigaciones Económicas, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México, D.F.
- GRAIZBORD, B. (2007). Megaciudades y Cambio Climático, Ciudades sostenibles en un mundo cambiante. Colegio de México, México.
- INSTITUTO Nacional de Ecología y Cambio Climático, (INECC),

Gobierno de México.

MARTÍNEZ, Alier Joan y Roca Jusmet Jordi, [2000] 2018, Economía ecológica y política ambiental, Editorial Fondo de Cultura Económica, México.

REALES Ordenanzas, para la Dirección, Régimen y Gobierno del importante cuerpo de la Minería de la Nueva España y de su nuevo Real Tribunal General de Orden de su Majestad, Madrid, 1783

MOSFAVAI, Gareth Doherty, et al. (2019). "Urbanismo Ecológico en América Latina", Editorial Gustavo Gilli

SEDATU, Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. (2013). Programa Nacional de Desarrollo Urbano y Ordenamiento del Territorio. México.

WEINTRAUB, S. Rubio, L. et al (1992). Integración industrial México-Estados Unidos, Editorial Diana, México

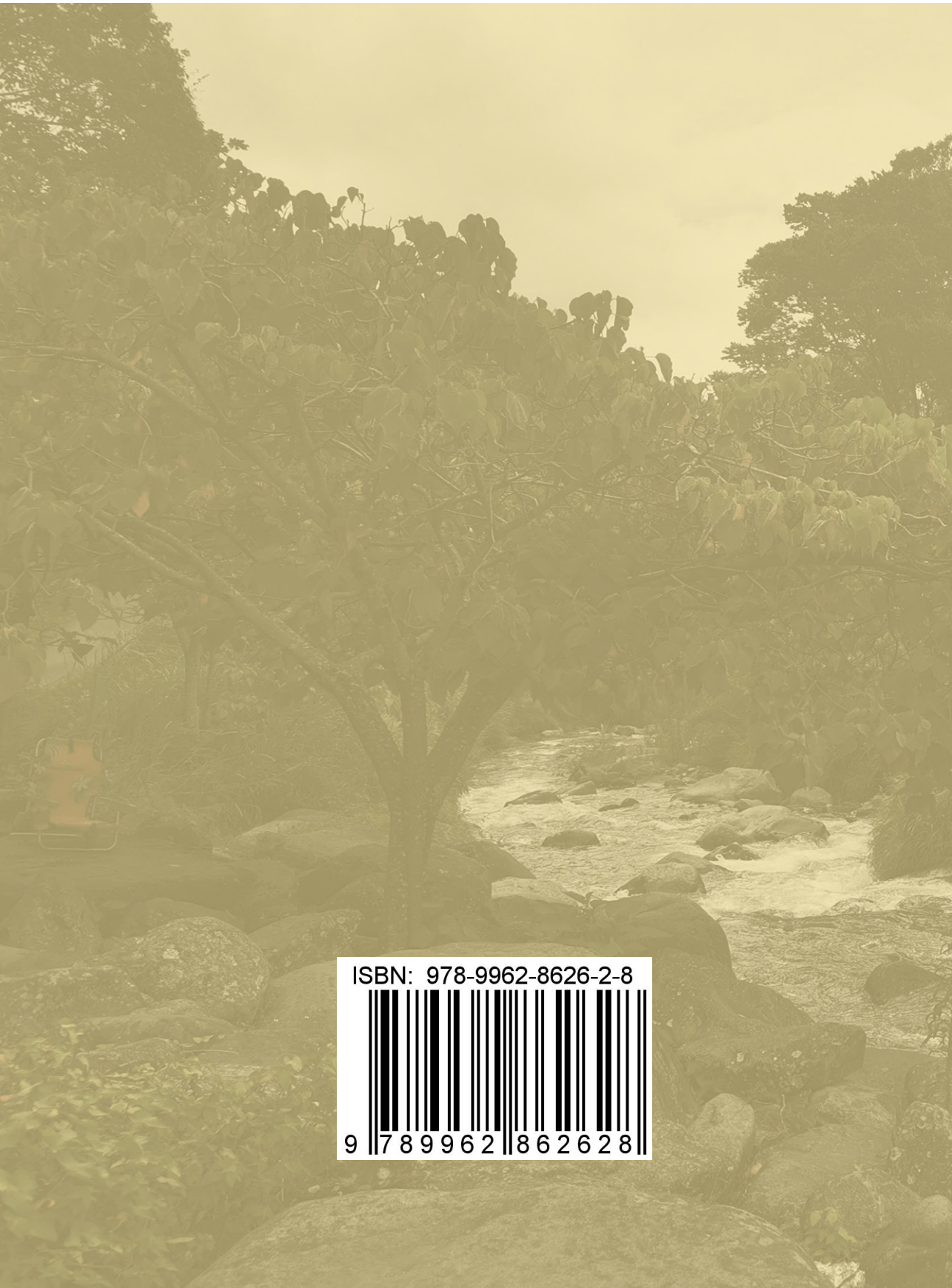
Fuentes de Internet:

PROFEPA (2019). Evaluación y manifestación de impacto ambiental en <https://www.gob.mx/profepa/articulos/manifestacion-de-impacto-ambiental-mia>

Semarnat (2020). Normatividad ambiental en <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/la-lgeepa-eje-rector-del-sistema-juridico-ambiental-de-mexico>

CONANP (2020). Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2020-2024. en <https://www.gob.mx/conanp/documentos/areas-naturales-protegidas>

INECC, (2016) Vulnerabilidad al cambio climático. En <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/vulnerabilidad-al-cambio-climatico>



ISBN: 978-9962-8626-2-8



9 789962 862628