

Geografía Aplicada

ISSN: 3061-8436

Volumen 1 ■ Número 2 ■ Julio ■ 2025



Fotos de portada: Miguel Eduardo García Reyna



Geografía Aplicada es una publicación de carácter semestral gestionada en el seno de la Facultad de Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de México. Es una revista científica arbitrada con especial interés en la publicación de artículos inéditos en el ámbito de la geografía humana, geografía física, gestión Integral del Riesgo y la geografía ambiental, donde se apliquen procedimientos novedosos a la solución de problemáticas ambientales y socioeconómicas que confluyen en los territorios.

Geografía Aplicada
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
Volumen 1 ■ Número 2 ■ Julio ■ 2025
<https://geografiaaplicada.uaemex.mx/index>

Director editorial, Dr. Alexis Ordaz Hernández
Asistente editorial, Mtra. María del Carmen González Díaz
Corrección de estilo, Dr. Yered Gybram Canchola Pantoja
Diagramación, Lic. Diana Yered Gaona
email: geografiaaplicada@uaemex.mx

CINTILLO LEGAL

Geografía Aplicada, Vol. 1, Número 2, julio – diciembre 2025, es una publicación semestral editada por la Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Literario 100 Ote., Colonia Centro, Toluca Estado de México, C.P. 50100 Tel. (722) 2153666. <https://geografiaaplicada.uaemex.mx>, correo electrónico: geografiaaplicada@uaemex.mx. Editor responsable: Alexis Ordaz Hernández, Facultad de Geografía, Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2024-100313463600-102, ISSN: 3061-8436, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Alexis Ordaz Hernández, Facultad de Geografía, Cerro Coatepec s/n Ciudad Universitaria, Toluca Estado de México C.P. 50110, fecha de última modificación, 8 de julio de 2025.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación. Hecho en México, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM).

Esta página y sus contenidos pueden ser reproducidos con fines no lucrativos, siempre y cuando no se mutile, se cite la fuente completa y su dirección electrónica. Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional.

De otra forma, requiere permiso previo por escrito de la institución.

OPEN  ACCESS



Universidad Autónoma del Estado de México.
Instituto Literario # 100 C.P. 50000 Col. Centro
(+52 722) 226 23 00
rectoria@uaemex.mx

SUMARIO

Visualizador para el monitoreo geoambiental del agave en el Estado de México	1
Yered Gybram Canchola Pantoja, Francisco Zepeda Mondragón, Miguel Eduardo García Reyna, Jocelyn Alejandra Cortez Núñez y Nicole Monserrat Alor Cruz	
Los bosques michoacanos en la manufactura de guitarras: un aspecto de sustentabilidad	20
Adolfo Llorente Pinal y Agustín Olmos Cruz	
Futuro urbano del Estado de México: retos y oportunidades en el siglo XXI	38
Iván Vilchis Mata y Luis Giovanni Ramírez Sánchez	
Gestión territorial a escala local	61
Gastón Andrés Gaete Coddou y Pedro Alejandro Olguín Ortega	
Aproximación ontoepistemologica a la realidad: la granja experimental como espacio de formación para la sostenibilidad	85
Zulma Alejandra Silva Salamanca, Carlos Augusto Álvarez Arboleda y Lizeth Marely Álvarez Salas	
Ciudades Fractales y Análisis Espacial	113
Edel Cadena Vargas, Juan Campos Alanís, Román Sánchez Dávila y Eduardo Jiménez López	

Visualizador para el monitoreo geoambiental del agave en el Estado de México

Visualizer for geo-environmental monitoring of agave in the State of Mexico

Yered Gybram Canchola Pantoja^{1*}, Francisco Zepeda Mondragón¹, Miguel Eduardo García Reyna¹, Jocelyn Alejandra Cortez Núñez² y Nicole Monserrat Alor Cruz¹

¹ Facultad de Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de México, Cerro Coatepec s/n Ciudad Universitaria, Toluca de Lerdo, México, C.P. 50110. ygcancholap@uaemex.mx, fzepedam@uaemex.mx, megarciar@uaemex.mx, nalorc001@alumno.uaemex.mx, <https://orcid.org/0000-0002-8153-1203>, <https://orcid.org/0000-0003-3297-7580>, <https://orcid.org/0009-0005-9185-3264>, <https://orcid.org/0009-0001-7691-8657>

²CONAHCYT, Centro Regional de Desarrollo Espacial Estado de México de la Agencia Espacial Mexicana, Anillo Perimetral 101, Parque Industrial Santa Bárbara, 50450 Atlacomulco de Fabela, Méx. jacortezn@profesor.uaemex.mx, <https://orcid.org/0000-0001-6411-9551>

*Autor de Correspondencia

Recibido: 15/11/2024. Aceptado: 10/03/2025. Publicado: 08/07/2025.

Cómo citar: Canchola Pantoja, Y.G., Zepeda Mondragón, F., García Reyna, M.E., Cortez Núñez, J.A. & Alor Cruz, N.M. (2025). Visualizador para el monitoreo geoambiental del agave en el Estado de México. *Geografía Aplicada*, 1(2), 1-19.

Resumen

Se desarrolla un visualizador a partir de información generada para potenciar las cadenas productivas de agave y maguey en el Estado de México, el cual se elaboró a partir de la

generación de cartografía temática especializada mediante (1) trabajo de campo; (2) la utilización de Sistemas de Información Geográfica (GIS) y (3) trabajos de percepción remota, mediante el uso de imágenes Sentinel 2, PlanetScope y Google Earth, las cuales fueron procesadas en el Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra Unidad Facultad de Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de México. Se desarrollaron modelos geoecológicos con apoyo de geotecnologías. Para ello, se diseñó una interfaz gráfica que permite a los usuarios consultar la distribución de esta planta milenaria en el territorio estatal.

La investigación tiene como objetivo diagnosticar las problemáticas ambientales actuales de la cadena productiva del maguey y agave en el Estado de México, mediante el análisis geoespacial de la planta en la entidad, haciendo una correlación con el modelo, los estadios de hemerobia y grados de naturalidad, variables antroponaturales y perspectivas de uso. De esta forma, se determinó el estado actual de las plantaciones y condiciones geoecológicas que fungen como base para la articulación de las cadenas productivas en el territorio estatal desde un punto de vista sustentable.

Palabras clave: Imágenes de Satélite, percepción remota, degradación, geoecología.

Abstract

A visualizer was developed based on information generated to strengthen the agave and maguey productive chains in the State of Mexico. It was created through the development of specialized thematic cartography using: (1) fieldwork; (2) Geographic Information Systems (GIS); and (3) remote sensing techniques, using Sentinel-2, PlanetScope, and Google Earth imagery. These data were processed at the National Earth Observation Laboratory, Faculty of Geography Unit of the Autonomous University of the State of Mexico. Geoecological models were developed with the support of geotechnologies.

To support this, a graphical interface was designed that allows users to consult the distribution of this ancient plant within the state territory.

The objective of this research is to diagnose the current environmental issues affecting the maguey and agave production chain in the State of Mexico, through geospatial analysis of the plant in the region. This involves correlating the data with geoecological models, hemeroby stages, degrees of naturalness, anthropo-natural variables, and usage perspectives. In this way, the current condition of the plantations and the geoecological factors were determined, serving as the basis for structuring productive chains in the state territory from a sustainable perspective.

Keywords: Satellite imagery, remote sensing, degradation, geoecology.

1. Introducción

Las plantas milenarias del agave se remontan desde mediados del Terciario en el Mioceno, del cual se ha tenido conocimiento desde hace unos 14 mil años que los antiguos habitantes de México le empezaron a dar diferentes usos a la planta enfocadas al cultivo y las distintas necesidades humanas como sogas, mantas, ayates, prendas de vestir, ofrendas, códices, puntas de flechas y su amplia variedad gastronómica. Hasta la actualidad se sigue viendo su uso para las bebidas alcohólicas de carácter natural como el Octil o Pulque que se usaban en aspecto religioso.

En el presente proyecto se busca recabar las bondades y beneficios de la planta, ya que en muchos casos no se ha tenido una claridad objetiva de lo que se dispone en la actualidad, por la cual se ha enfocado a la explotación de las bebidas alcohólicas en volumen.

Para ello, debemos dar reconocimiento a la cadena productiva del mercado en el Estado de México y dar un aporte tecnológico que tendrá como objetivo comercializar el maguey y mezcal con apoyo de herramientas geotecnológicas, fomentando como estrategia un modelo de análisis espacial para el cultivo agroecológico del maguey, con la finalidad de dar una mejor producción con protección ecológica.

En este sentido para Mankoff (2003) un visualizador ambiental es una aplicación, que tiene como finalidad presentar datos e información que es relevante para el usuario a través de

categorías ambientales (e.g., abstracciones representadas por imágenes, patrones de luz y color, etc.), dando como resultado una factible interpretación.

Por ello el aporte tecnológico de este proyecto se conjuga en varios puntos de vista, el primero haciendo un diagnóstico situacional de la cadena productiva del agave, en segundo momento determinando sus condiciones de naturalidad y degradación, y como último brindando una oportunidad para articular y fortalecer los mercados de la cadena productiva del agave. En este caso, se tiene por objetivo desarrollar un visualizador para conocer el estado actual de hemerobia del agave, las condiciones físico-naturales y las cadenas productivas del agave que permitan potenciar una articulación sustentable de las mismas, como miras a la producción, y comercialización del maguey y mezcal, con el apoyo de herramientas geotecnológicas, a partir de la sustentabilidad, en el Estado de México, y reactivar y/o potenciar mercados en la industria textil farmacéutica, alimenticia y de la construcción entre otros.

2. Metodología

La zona de estudio se enmarca al Estado de México que se ubica en el centro del país, sobre los paralelos 18°21'29'' y 20°17'20'' de latitud norte y los meridianos 98°35'50'' y 100°36'34'' de longitud oeste, a una altura de 1,330 a 2800 m.s.n.m. (IGECEM, 2012). La entidad limita al norte con los estados de Querétaro e Hidalgo; al sur con Puebla, Guerrero, Morelos y la Ciudad de México, al Oriente, con los estados de Puebla y Tlaxcala, y al poniente con Michoacán y Guerrero. Tiene una superficie total de 22,351.8 km², representando el 1.1% de la superficie del total nacional (Marco Geoestadístico, Censo de Población y Vivienda, 2020). El Estado de México al 2020 se encuentra dividido en 125 municipios, siendo el municipio de Toluca la Capital de la entidad, tiene una población de 16,992,418 habitantes lo que representa el 13.5% del total del país (INEGI, 2020), ver figura 1.

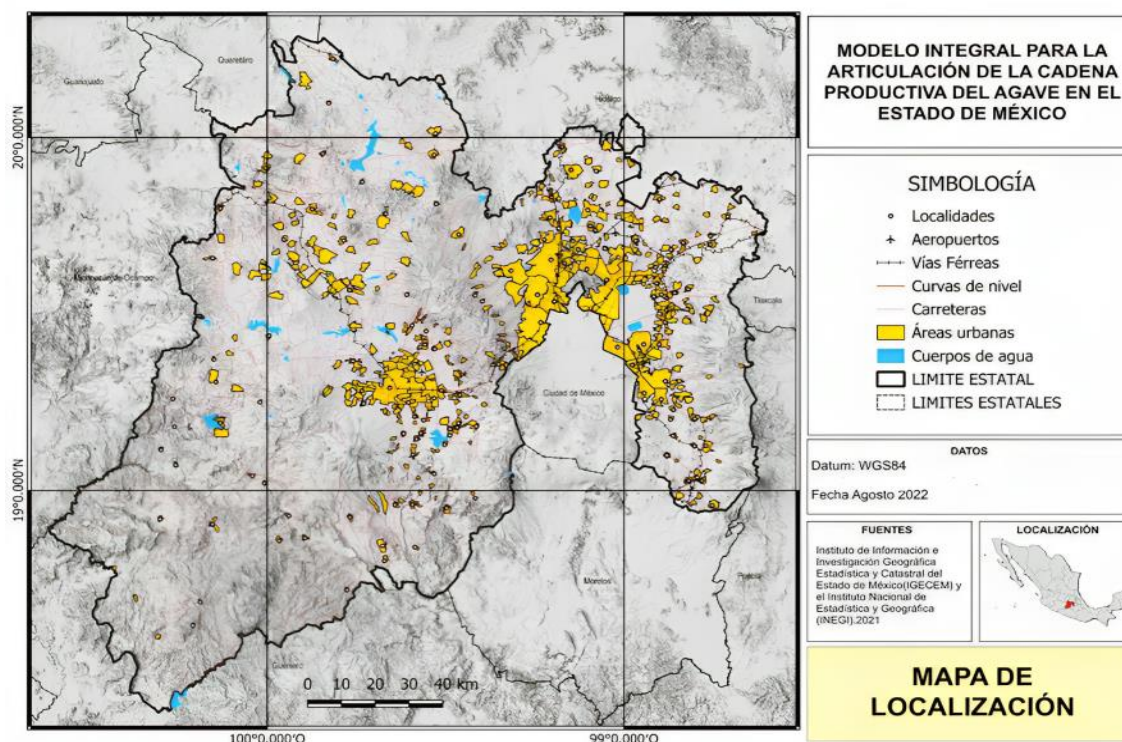


Figura 1. Mapa de Localización del Estado de México

Fuente: figura elaborada por Jacqueline González Victoriano.

2.1 Materiales

Para la elaboración de este manuscrito se optó por aplicar un punto de vista holístico en el campo de las ciencias sociales, ambientales y geotecnológicas, para poder contar con una aproximación de la realidad del estado actual en las condiciones de la producción, conservación y comercialización de los derivados del agave.

De acuerdo con Carrillo (2007) con base a su estudio denominado “Los destilados de agave en México y su denominación de origen”, da a conocer más sobre el tequila a partir del Agave tequilana Weber Azul y sus procedimientos que tiene como la jima, donde la idea principal es preservar el origen y la calidad de la bebida tequilera, en ella se da a ver otro destilado que es el mezcal, la cual muestra como una norma de uso en especies, además de ser denominada en el mismo origen permitiendo a los mezcaleros dar tradición y

conocimiento, dando protección de cultura al maguey relacionado con los inventarios silvestres.

En ella la bacanora, mezcal o raicilla se basa en la cosecha de *Agave angustifolia* la cual fue una bebida clandestina en años atrás, ya que contiene el mayor porcentaje de agave y una adición de azúcares, donde su destilación de alcohol se realiza a través de una evaporación y se condensa.

Como resultado, se dio un proceso que valore las distintas tradiciones en las regiones para capacitar a los productores de ellas, e impulsar la exclusión de las versiones del agave usadas, donde establezca las propiedades principales y favorezcan las diferencias. También el mantener esta mezcla de biodiversidad y cultura como un rasgo característico importante del país como fuente de sabores, olores y texturas.

En otro orden de ideas se ha detectado que el “tequila” australiano está buscando competir con la tradicional bebida mexicana, está siendo cultivado en Queensland , con un microclima tropical seco, además, se están empezando otras plantaciones en otras zonas de Australia, las cuales fueron trasplantadas por la empresa de licores Top Shelf International(TSI), la idea es fundamentada por el presidente, el cual aclara que esta ciudad tiene referencias similares al estado de Jalisco creando condiciones idóneas para cultivar agave.

En este sentido, existe una empresa Familiar Australiana que elabora aguardiente de agave, aunque es la especie agave americana, encontraron la forma de extraer las saponinas que les permite tener una buena cosecha, aunque su sabor es distinto al mezcal mexicano tradicional (BBC News Mundo, 2022).

La sociedad y cultura

La producción del agave en la sociedad se ha vuelto una integración para el ámbito familiar la cual se produce en condiciones básicas y de ella varios fortalecen la actividad heredada de los abuelos. Siguiendo esto, la cultura entre la sociedad abarca como una leyenda en la

que se habla de la diosa Mayahuel, en ella ha funcionado como bebida alcohólica en diferentes estados de la república donde nace el tequila, mezcal, pulque, sotol, raicilla y la bacanora, y en la que parte de ser una planta que se da un uso para disfrutar en diferentes pueblos indígenas, considerándose una bebida espiritual.

En el Estado de México se tienen contempladas más de 14 especies de agave, de los cuales su implementación agrícola ha permitido a los pobladores crear diferentes productos, ya que son plantas perennes que permiten tener un mejor manejo es los diferentes usos, el enfoque de esta planta no solo es satisfacer necesidades de bebidas, si no volver a encontrar sus diferentes usos después de la extracción que se le da a la piña regresando al uso de la antigüedad.

Medio Ambiente

A paso de los años la planta es una actividad económica para mucho pobladores tanto prestigio e ingresos a los diferentes pueblos y municipios, como sabemos estas peculiares especies tienen una producción de siete años en adelante, consecuencia de ello la alta demanda que se tiene genera problemas ambientales por la conservación de los ecosistemas de manera natural, ya que tiene un gran apoyo a la reducción de la erosión, la captura de carbono y donde también tiene una amplia variedad de especies con la que se alimentan desde mamíferos hasta insectos.

Algunos tipos de agave que se han encontrado en el Estado de México son: agave Salmiana Otto Ex Salm, Agave Angustiarium Trel, Agave Mapisaga Trel, Agave Angustifolia Lem, Agave Inaequidens Koch, Agave Applaneta C. Koch Ex Jacobi, Agave Horrida Jacobi, Agave Attenuatta Salm y Agave Filifera Salm-Dyck, de las cuales el principal para la producción de la bebida es el Angustifolia Haw.

En este sentido, el cambio que se tiene en el suelo, aire y agua ocasionada por químicos para la protección de la planta, y la extracción de ella de forma silvestre para el estudio da como consecuencia que distintas especies estén en peligro de extinción. De acuerdo con Hernández (2022) menciona lo siguiente: *“Respecto a los residuos, la producción de mezcal*

es un precursor de la contaminación de suelos y agua, con vinazas que, debido a su alto grado de acidez con que cuentan, eliminan la capacidad de los suelos para mantener microorganismos útiles en el proceso de nutrición o limitan la capacidad de las plantas para asimilar nutrientes, matando literalmente la vida de este elemento”.

La conservación y manejo de la planta se centra en la idea de respetar la biodiversidad para que siga teniendo una evolución con el paisaje y su origen, ya que sus distintas modalidades de producción son las que nos dan a ver el daño ambiental a la planta, si vemos un cultivo intensivo podemos ver la erosión, contaminación y el desplazamiento de los magueyes y la desaparición de las poblaciones silvestres de la especie.

El sistema productivo debe adaptarse a las condiciones naturales que se encuentren en cada municipio, por la cual se debe encontrar un aprovechamiento sustentable para contribuir a una conservación del hábitat de la planta y los animales que consumen de ella.

Económico

El incremento del cultivo de agave se vincula con beneficios económicos, se consideran diferentes aspectos: materia prima, venta y la rentabilidad del cultivo al salir, de la cual el estado tiene que su potencial productivo es de 761 productores en más de 8 municipios, de los cuales destacan: Malinalco, Tenancingo, Ocuilan, Zumpahuacán y Zacualpan.

Se puede ver que el crecimiento de la demanda y la producción debe tener un aprovechamiento sustentable, en el cual se debe promover la conservación biológica, de aquellos procesos de transformación que permitan ser más eficientes a los mecanismos de comercialización donde se reconozca la diversidad de origen de la planta.

El Estado de México cuenta con más de 970 hectáreas solo dedicadas al cultivo de agave mezcalero, ubicando sus principales consumidores en la ciudad de México, y donde también se llegan a exportar a países como Estados Unidos y Canadá. En ella los agaveros se encuentran en una asociación denominada Malinalxóchitl, donde agrupa más de 60 productores.

En este sentido se conoce que en el 2018 se conformó el Comité Estatal denominado el Consejo Estatal de productores de Maguey y/o Agave del Estado de México (CEPAM) el cual se organiza para la denominación de origen y proteger el destilado mexiquense y todo proceso de producción que se tiene en la entidad. La figura 2 muestra una reseña histórica con la utilización de la planta.

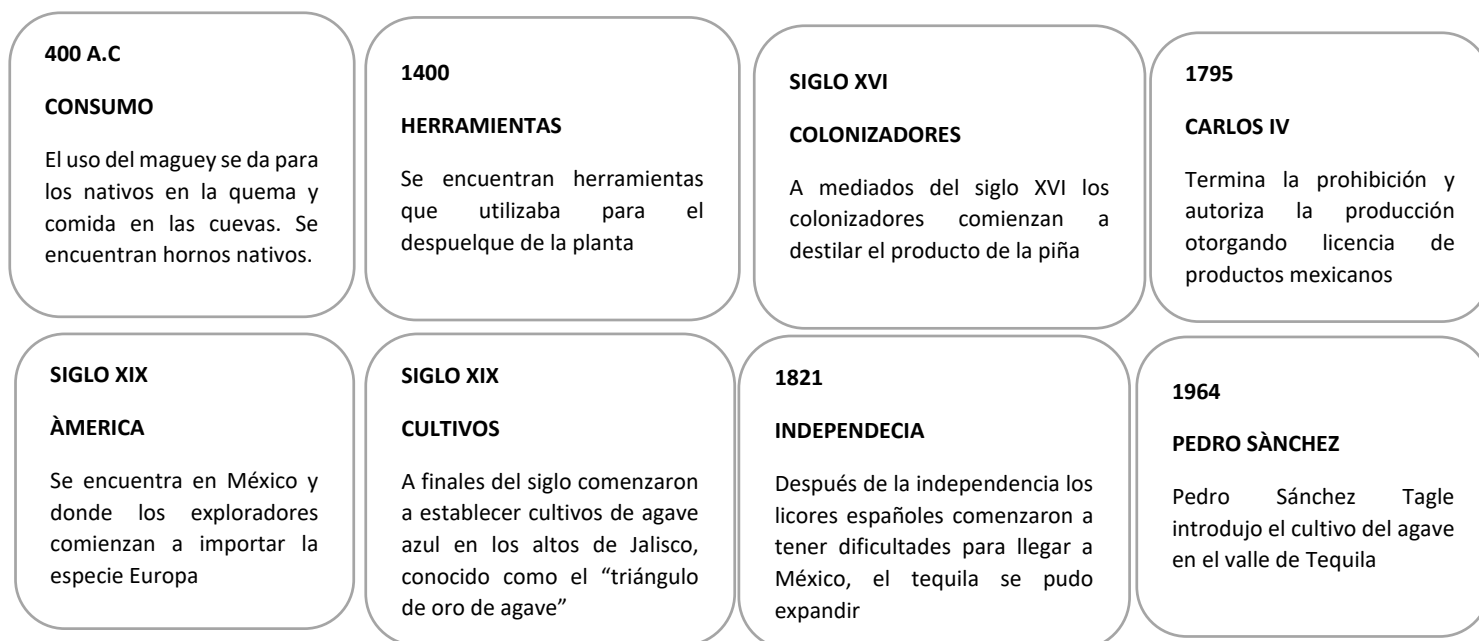


Figura 2. Muestra la cronología principal con los usos del agave con los sucesos más relevantes.

Fuente: La historia del Agave Srpintlimited, 2021.

<https://spiritslimited.com/2021/05/20/la-historia-del-agave/>

Historia del Agave y su Región | AgaveSu. (s. f.-a). <https://agavesumx.com/historia-del->

2.2. Métodos

Para el desarrollo del proyecto se establecieron 4 fases metodológicas, que permitieron tener una aproximación de la Gestión de Agave en Estado de México desde una perspectiva de Cadena Productivas, e identificar y valorar los cultivos geoambientalmente del agave, así como el estatus de la agrupación de la producción en los diferentes usos de agave que se

tienen en la actualidad. En la figura 3 se presenta el proceso metodológico para la obtención de los resultados.

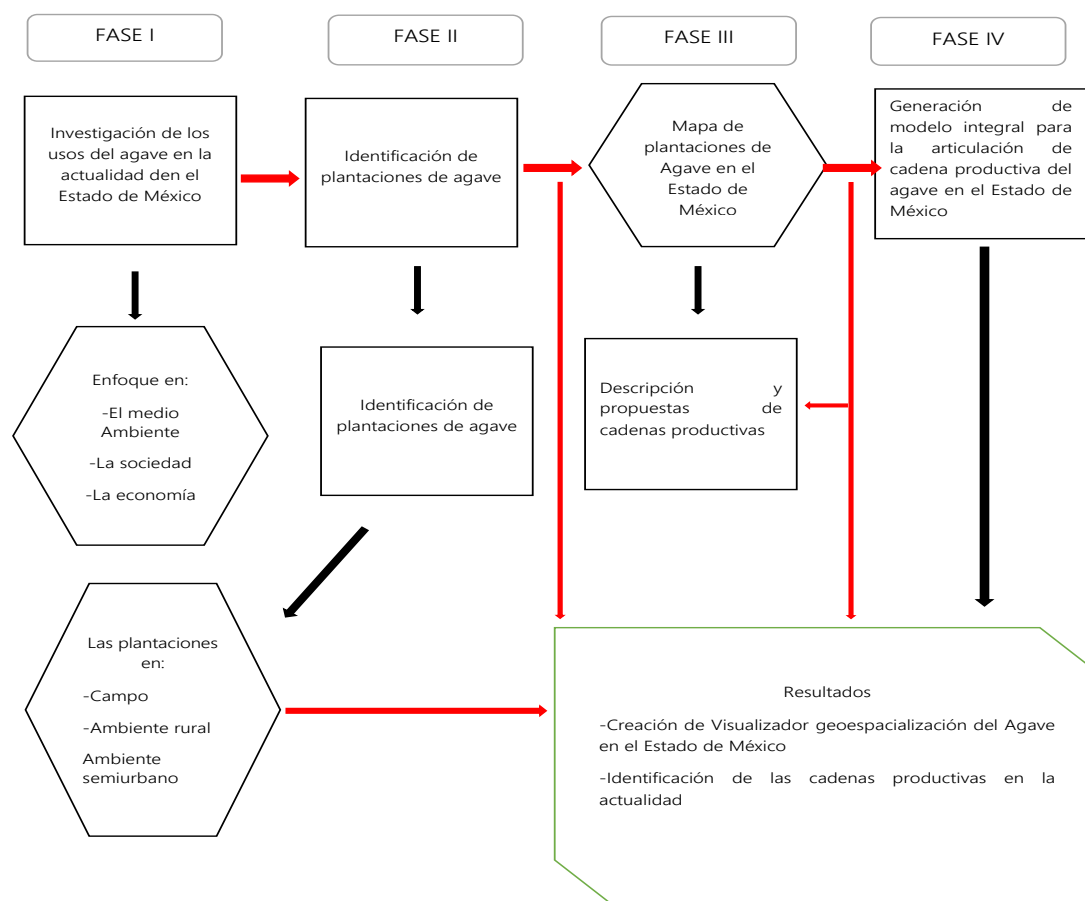


Figura 3. Ruta crítica metodológica para la elaboración del visualizador.

Fuente: Elaboración propia.

En la Fase I de la metodología se elaboró una investigación de los usos de agave en la actualidad y de igual forma sus usos en el pasado con los distintos enfoques que se tenía de ellas mediante revisión bibliográfica y cartográfica.

Para la Fase II en la identificación de plantaciones de agave en el Estado de México haciendo recorridos en campo muestrales en la parte sur de la entidad en los municipios de Ocluían

y Malinalco donde se identificó que la planta se desarrolla en ambientes rurales, silvestres y semiurbanos.

Partiendo de lo anterior se elaboró un análisis y la clasificación de los cultivos de agave en toda la entidad, donde como primer paso se realizó la localización de cada uno de los cultivos en el año 2022, utilizando las imágenes de Sentinel 2, PlanetScope y Google Earth las cuales fueron procesadas en el Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra Unidad Facultad de Geografía de la UAEMéx (LANOT), posteriormente se compararon entre los años 2018, 2020 y 2022 para analizar si los mismos cultivos existían o existieron en la misma ubicación, esto mediante el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) dando a percibir la vegetación en el año requerido por polígono seleccionado.

En la fase III se partió de las plantaciones identificadas en distintos cuadrantes de la entidad y otorgarles un tipo de cultivo, se procedió a realizar un Mapa de Plantaciones de Agave en el Estado de México en correlación con el modelo de degradación geoecológica para valorar los estadios de naturalidad y ubicarlos por región y su potencialidad.

En la fase IV los insumos generados sirvieron como insumo para el desarrollo del modelo integral de la cadena productiva, donde para fines prácticos de esta investigación se pusieron como resultados el mapeo de las plantaciones, las características físico-geográficas y las cadenas productivas seleccionadas identificadas para el Estado de México.

3. Resultados

El visualizador se desarrolló mediante el enfoque de la configuración de un Web Map, partiendo de la estructuración del visualizador y/o diseño conceptual donde se optó por la utilización de ArcGIS online, mediante la importación de capas previamente elaboradas en QGIS. La Configuración para el Web Map Application, permitió definir las herramientas principales con las cuales funciona el visualizador, el cual tiene un enfoque de uso a productores y usuarios del agave y maguey en el Estado de México. Dichas herramientas fueron las siguientes:

- 1) Leyenda
- 2) Lista de capas
- 3) Geobúsqueda
- 4) Editor de capas

El visualizador para el monitoreo geoambiental del agave desarrollado se publicó en la web en el 2023 bajo una licencia temporal de ArcGIS Online para fines académicos, donde se obtuvieron los mapas resultados del visualizador que están en el siguiente link: [Geovisualizador.pdf](#) (Figura 4).

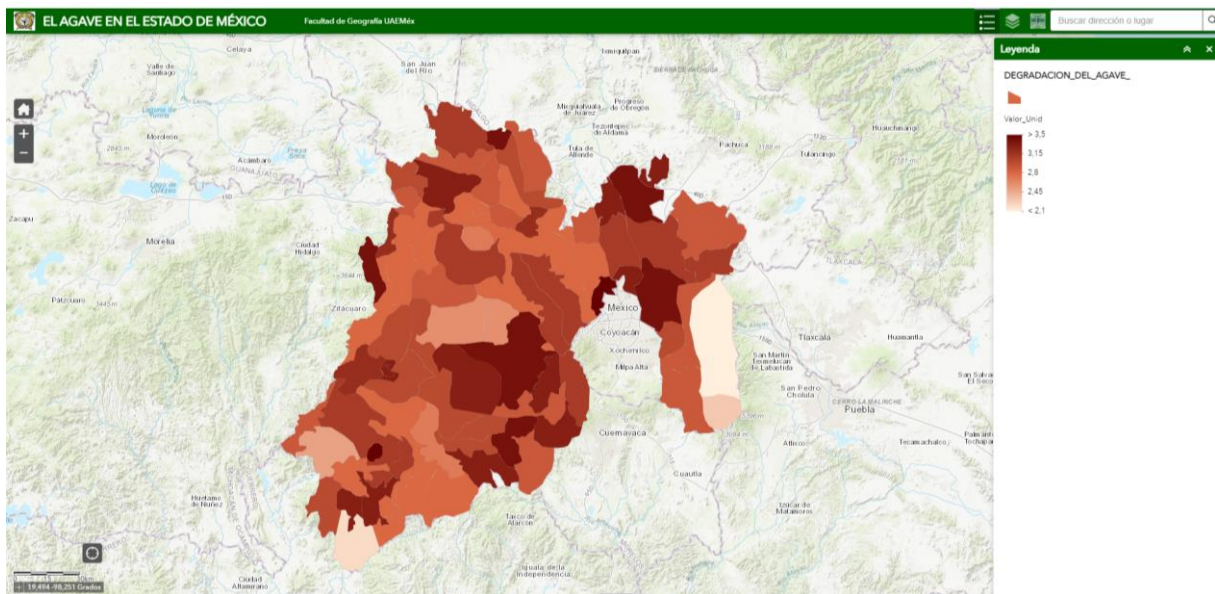


Figura 4. Vista general del Visualizador para el monitoreo del agave en el Estado de México.

Fuente: Elaboración propia 2023.

Por otra parte, el trabajo campo y de percepción remota, ayudó a comprender las principales características geofísicas de distribución de la planta donde el uso de las Geotecnologías facilitó el acceso a información geoespacial respecto a la ubicación de la planta en el territorio estatal mediante la técnica muestra de la fase II y III de la metodología.

En otro orden de ideas se desarrollaron talleres participativos, se pudo obtener las tendencias de uso y entender el estado actual de la utilización y condiciones productivas de la planta, donde con la ayuda de encuestas se obtuvo una perspectiva de las necesidades actuales sobre la articulación de los productos de la cadena productiva del agave en el Estado de México según se muestran en las figuras 5 y 6.

Además, se desarrolló una interfaz gráfica e interactiva para facilitar a los usuarios la consulta de la información definiendo 4 Gadgets y/o herramientas especiales, con funciones específicas y fácil entendimiento, para una navegación práctica y dinámica de la geo especialización como a continuación se describen.

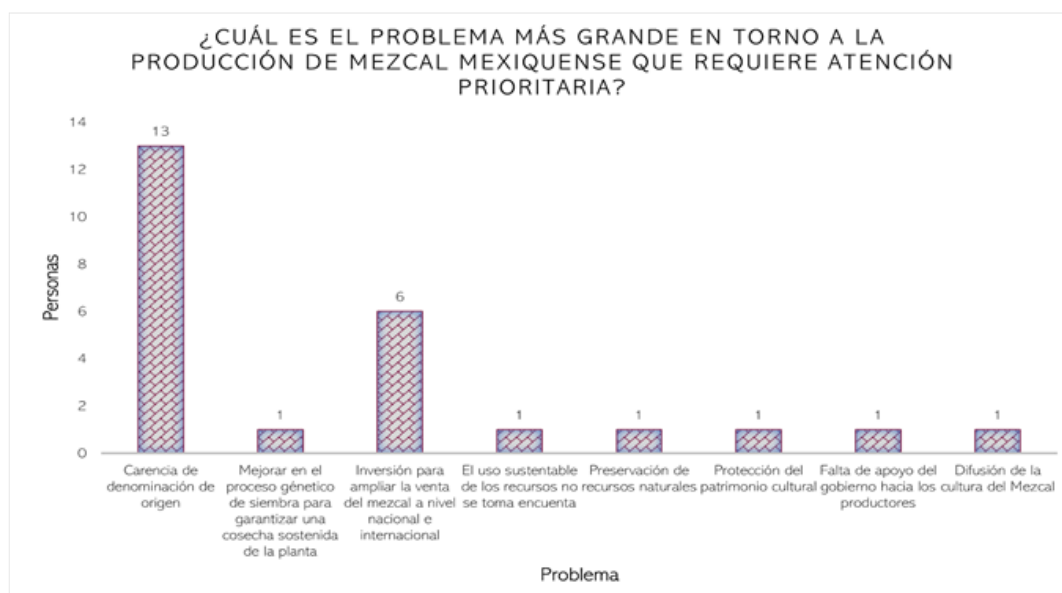


Figura 5. Perspectiva de los productores sobre los principales problemas en cuanto a la producción del Mezcal en el Estado de México.

Fuente: Elaboración propia talleres participativos 2023.

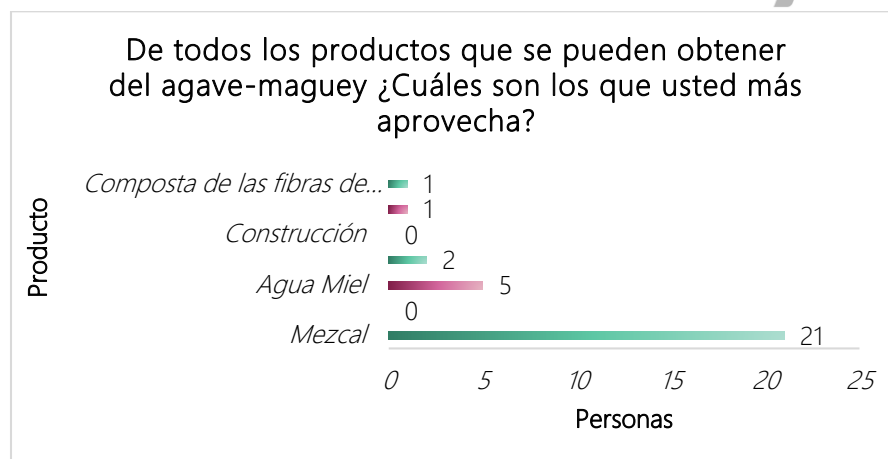


Figura 6. Punto de vista de los productores en cuanto a los principales usos de agave-maguey en el Estado de México.

Fuente: Elaboración propia, talleres participativos 2023.

- **Leyenda:** esta herramienta es básica para la representación gráfica de los elementos en el territorio, donde a través de ellos, estos significados son los símbolos, colores y estilos utilizados para representar datos geográficos que podemos observar en el Web Map (ArcGIS On Line, 2023). Aquí se pueden observar la representación en líneas, punto y polígonos de ríos, cuencas, suelos, volcanes, microcuencas, agua, fallas, volcanes y aspectos geológicos esenciales para el desarrollo de cartografía especializada.
- **Listado de capas:** es lista de capas de información, que permite visualizar por separado tanto información físico-geográfica y cartografía temática especializada como los propios resultados del modelo, la localización de las plantaciones del agave en la entidad, así como una perspectiva del grado de naturalidad de las zonas del agave. Las capas se pueden dar orden de aparición acorde a las necesidades del usuario (ArcGIS Enterprise, 2018).
- **Geobúsqueda:** esta herramienta nos permite obtener información requerida tanto de un territorio municipal, elemento geoespacial o algún otro dato inherente al tema de la producción de agave con identificador del punto, coordenadas X,Y, intersección, especialización y puede ayudar a la práctica localización de elementos.

- **Edición:** Con esta herramienta se puede dar otra función como lo es generar transparencias, mover hacia arriba y abajo, prender y apagar capas de información para generar mapas de salida para visualizar una perspectiva a la medida del usuario.

Algunas otras funciones en el visualizador es poder imprimir, generar Print Paint de los mapas, hacer zoom de los mapas y generar documentos PDF's (ver figura 7).

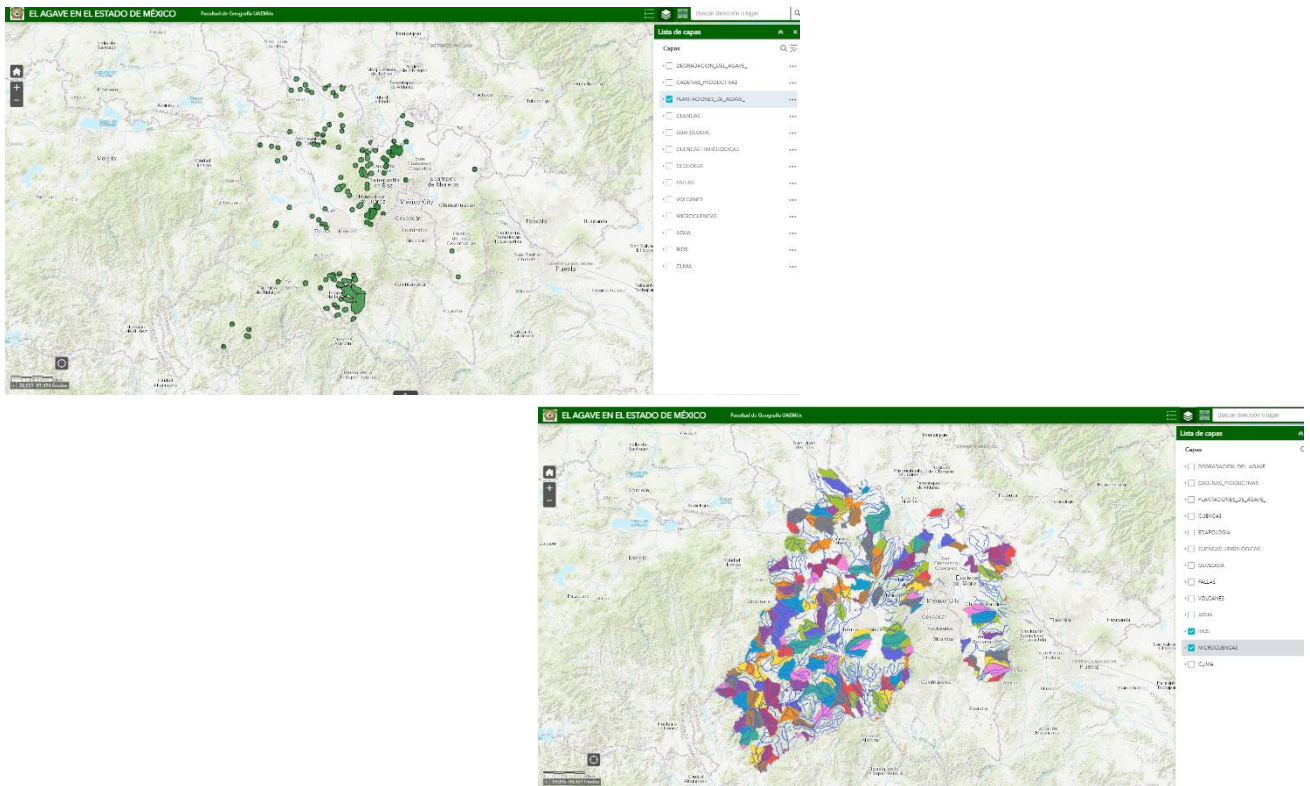


Figura 7. Presenta ejemplo de navegación de las capas y representación de la leyenda para el monitoreo del agave en el Estado de México.

Fuente: Elaboración propia 2023.

4. Discusión

El potencial del uso de las geotecnologías mediante los geovisores, permite al usuario poder interactuar con la información para poder analizar aquellas variables de interés o información para poder sacar conclusiones adyacentes, donde este visualizador sea la base mayormente en variables físicas naturales del estado de menciono donde permite al

usuario una perspectiva del contexto natural en torno al proceso del agave y maguey en la entidad.

Uno de los principales productos obtenidos de esta investigación es la degradación geoecológica de todo la entidad, con el cruce de variables con las zonas de cultivo del la planta del agave, donde se puede denotar aquellas zonas donde la planta cuenta con mayores condiciones de naturalidad para crecimiento y generación de nutrientes, y aquellas zonas donde las condiciones de degradación zonas no son tan favorables que habrá que implementar enotecnias para garantizar se siga manteniendo la producción sostenida de esta plantación ancestral de vital relevancia no solo en el estado si no a nivel nacional.

Se reconoce que la era de los geovisualizadores ha ido evolucionado conforme al grado de complejidad de estos mismos, partiendo desde sus inicios con la web 1.0 donde solo se puede ver. Web 2.0 interactuar, web 3.0 interactuar y generar y hacia la web 4.0, ver, interactuar, generar, incrementar, procesar y correlacionar, donde sumado con la Realidad Virtual y Realidad Aumentada de la Inteligencia artificial. Permitiendo así, se generar geo visores muy sofisticados de última generación, y que para el caso de México se sigue presentando una brecha digital entre el usuario y el generador, donde es un reto poder acercar al ciudadano y/o el usuario final, que en este caso puede ser el productor este tipo de herramientas.

En este sentido se puede mencionar que este geo visor cumple con lo establecido de la web 2.0 donde el usuario puede ver y puede interactuar, no se descarta a futuro poder mejorarlo y adaptarlo para migrarlo a una versión web 3.0 donde se pueda generar conjuntas entre el usuario y el desarrollador.

5. Conclusiones

El uso de las Geotecnologías ayuda a la sociedad actualmente a analizar y obtener datos de manera más rápida. Particularmente, en este trabajo se aporta a los productores del maguey y agave del Estado de México un enfoque geoespacial digital de la información,

pues pone a disposición aspectos científicos y sociales generados para el uso de la población contribuyendo así en conjunto a la construcción universal del conocimiento.

Por otra parte, cabe aclarar que, el uso de ArcGIS Online fue la mejor opción para desarrollar este visualizador por su practicidad en el manejo de la información y visualización de salida.

Al contar con este visualizador del agave en el Estado de México, sienta los precedentes de la distribución geoespacial de la planta, se tome en cuenta para el monitoreo tanto de los decrementos como incrementos y con esto se puedan implementar estrategias de cuidado en las zonas donde se tiene detectado que el grado de naturalidad de la planta está en estado de degradación para evitar una desaparición y/o en su caso la baja calidad de esta, con la finalidad de poder llevar a cabo acciones más coherentes con la realidad geoambiental.

Esta primera aproximación del establecimiento de las cadenas productivas del agave para el Estado de México propone una regionalización de las plantas bajo los principios de la geoecología, donde se pueden articular procesos productivos más sustentables, que contribuyan a la producción ordenada y sustentable de la planta y se puedan potenciar otros usos, no solo el de las bebidas como actualmente se viene desarrollando.

6. Agradecimientos

- A la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx), por el respaldo institucional de generar investigación aplicada en la entidad en beneficio de la comunidad.
- A la Secretaría de Investigación y Estudios Avanzados de la UAEMéx, por las gestiones y facilidades con los recursos asignados a este proyecto para poder llevar cabo esta investigación.
- A la Facultad de Geografía por el apoyo constante en retribuir a la sociedad con investigaciones aplicadas que contribuyan a soluciones a la población.
- Al Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra LANOT Unidad Facultad de Geografía por el apoyo de sus instalaciones e infraestructura.

- Al Cuerpo Académico Geotecnologías, Ambiente y Sociedades Resilientes, por siempre propiciar un trabajo colegiado, de calidad, innovador y de alto impacto investigativo.
- A todos los colaboradores, que hicieron posible este proyecto en especial agradecimiento a la Dra. en C. Clarita Rodríguez Soto, el Dr. en C. A. R. N. Francisco Herrera Tapia y el Dr. en G. Martín Pánfilo Soto Romero.
- Al Licenciado en Geoinformática Jaime Alberto Robles Reyes, por su destacada participación en el desarrollo de este proyecto.
- A todos aquellos que de alguna manera contribuyeron al a realización de este proyecto.

7. Conflictos de intereses

Los autores de esta investigación declaran bajo protesta de decir la verdad que este es un trabajo original y que no existen conflictos de interés.

8. Referencias

ArcGIS Enterprise. (2018). Widget lista de capas.
<https://enterprise.arcgis.com/es/portal/10.3/use/widget-layer-list.htm>

ArcGIS Pro. (2022). Crear un Mapa Web (Web Map). <https://pro.arcgis.com/es/proapp/2.8/help/mapping/map-authoring/author-a-web-map.htm>

ArcGIS Online. (2022). Qué es ArcGIS Online. <https://doc.arcgis.com/es/arcgis-online/get-started/what-is-agol.htm>

ArcGIS Online. (2022). My Contents.
<https://fgeo.maps.arcgis.com/home/content.html?view=table&sortOrder=desc&sortField=modified&folder=02c43b153ef646e1bb6e4f96f9903b66#content>

ArcGIS Online. (2022). Ver leyenda (Map Viewer Classic). <https://doc.arcgis.com/es/arcgis-online/reference/view-legend.htm>

Carrillo Trueba, L. A. (2007). Los destilados de agave en México y su denominación de origen. Ciencias, (087).

BBC News Mundo. (2022, 23 junio). El «tequila» australiano que busca competir con la tradicional bebida mexicana. BBC News Mundo. Recuperado 11 de octubre de 2022, de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-61911848>

FORTALECE GEM PRODUCCIÓN DE AGAVE MEZCALERO EN EL EDOMÉX. (2021, 22 agosto).

Secretaría del Campo. <https://secampo.edomex.gob.mx/eventos-comunicados/fortalece-gem>

produccion-agave-mezcalero-en-el edomex#:~:text=Agreg%C3%B3%20que%20el%20potencial%20productivo,Villa%20Guerrero%20Zacualpan%20y%20Zumpahuac%C3%A1n

García Mendoza, Abisaí J. (2007). Los agaves de México. Ciencias 87, julio-septiembre, 14-23. [En línea]:

<https://www.revistacienciasunam.com/es/48revistas/revista-ciencias-87/285-los-agaves-demexico.html>

Hernández, Y. (2022, 5 junio). Agaves, mezcales y medioambiente -. <https://mezcologia.mx/agavesmezcales-y-medioambiente/>

Magueyes. (2021, 23 septiembre). Biodiversidad Mexicana. <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/magueyes>

Los bosques michoacanos en la manufactura de guitarras: un aspecto de sustentabilidad

Michoacán forests in guitar manufacturing: an aspect of sustainability

Adolfo Llorente Pinal ¹ y Agustín Olmos Cruz ^{1*}

¹ Facultad de Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de México, Cerro Coatepec s/n Ciudad Universitaria, Toluca de Lerdo, México, C.P. 50110. llorentepinal@gmail.com, aolmosc@uaemex.mx, <https://orcid.org/0000-0002-9704-9411>

*Autor de Correspondencia

Recibido: 09/12/2024. Aceptado: 10/03/2025. Publicado: 08/07/2025

Cómo citar: Llorente Pinal, A. & Olmos Cruz, A. (2025). Visualizador para el monitoreo geoambiental del agave en el Estado de México. *Geografía Aplicada*, 1(2), 20-37.

Resumen

México, se distingue desde hace varias décadas en la manufactura de guitarras para música regional, popular y culta o académica, se utilizan para su construcción, maderas como el Palo escrito, palo de rosa, cedro rojo y blanco, pinabete, caoba, caobilla, siricote, aguacate, mango, etc. Así como otros materiales como la concha de abulón y madre perla para incrustaciones (en ocasiones con oro y/o plata), metales para los trastes y para cuerdas, ceda y nylon para cuerdas, huesos para los puentes, pegamentos, lacas y barnices. En este trabajo, se expone la disponibilidad de recursos maderables utilizados en la elaboración de guitarras particularmente en el Estado de Michoacán, donde se destacan los municipios de

Apatzingán, Coalcomán, Arteaga, Tumbiscatío, la costa, Nueva Italia, Paracho y sus localidades cercanas, que se dedican a su elaboración, por lo que se analiza el impacto en los diferentes ecosistemas. Para lo cual surge como objetivo del estudio: Diagnosticar la importancia de los bosques michoacanos en la manufactura de guitarras, como un aspecto de sustentabilidad. Utilizado al método geográfico, para ubicar las áreas de estudio de las zonas madereras; al método etnográfico, para conocer los procedimientos de elaboración de viva voz de los fabricantes de guitarra, cantidad de madera que requieren y, por último, se incorpora el método descriptivo para presentar los datos del estudio, orientando la búsqueda de las respuestas sobre sus costumbres y tradiciones. El resultado fue que, la construcción de guitarras no impacta en la sustentabilidad del bosque, la población del lugar desconoce si existen programas de explotación sustentable y no hay un inventario de constructores, pues la estimación es por percepción y tradición.

Palabras clave: Geografía Cultural, recursos forestales, Guitarras, Bosques Michoacán.

Abstract

Mexico has stood out for several decades in the manufacturing of guitars used in regional, popular, and classical (or academic) music. Various types of wood are used in their construction, such as palo escrito (Mexican rosewood), rosewood, red and white cedar, fir, mahogany, caobilla (a type of mahogany), ziricote, avocado, mango, among others. Other materials include abalone shell and mother-of-pearl for inlays (sometimes combined with gold and/or silver), metals for frets and strings, silk and nylon for strings, bone for bridges, as well as adhesives, lacquers, and varnishes.

This study examines the availability of timber resources used in guitar making, particularly in the state of Michoacán. Notable municipalities include Apatzingán, Coalcomán, Arteaga, Tumbiscatío, the coastal region, Nueva Italia, Paracho, and its surrounding communities, all of which are known for guitar craftsmanship. The study analyzes the environmental impact on various ecosystems.

The main objective of this research is to assess the importance of Michoacán's forests in guitar manufacturing as a component of sustainability. A combination of methods was used: the geographical method to locate the timber production areas; the ethnographic method to understand the manufacturing processes firsthand from the guitar makers, including the amount of wood they require; and the descriptive method to present the data collected, focusing on their customs and traditions.

The results showed that guitar making does not significantly impact forest sustainability. However, local communities are unaware of any sustainable exploitation programs, and no official registry of guitar makers exists—production estimates are based on perception and tradition.

Keywords: Cultural Geography, forest resources, guitars, Michoacán forests.

1. Introducción

Mucho se habla de sustentabilidad en la cadena de valor, por la innegable importancia de los bosques, que se han visto amenazados por varios factores, como la expansión de las ciudades, los incendios forestales, la deforestación con fines agrícolas y/o ganaderos, la extracción de madera para diversos usos: industriales, la elaboración de muebles, su empleo como combustible, durmientes de vías férreas, la manufactura de instrumentos musicales, etc. Son las formas diversas de utilización de la madera, que provoca sobreexplotación.

El tema de investigación surge por la intención diagnosticar la importancia de la utilización de maderas específicas en la elaboración de guitarras, teniendo como lugar de estudio el Estado de Michoacán, por la gran extensión territorial que tiene en bosque y donde se elabora el mayor número de guitarras en el país, haciendo con esto que se modifique el perfil económico, por la fabricación masiva que se realiza en algunos municipios, produciendo importantes fuentes de trabajo, desde la extracción de maderas, pasando por

el transporte, manejo y tratamiento según el uso a que se destine, para llegar a los talleres de instrumentos, así como de fábricas de muebles, industria, construcción y otros.

En el Estado de Michoacán, se han elaborado guitarras desde la época colonial. Con el arribo de los europeos en el siglo XV, llega otras formas de música e instrumentos, como la guitarra, que, con los años, los habitantes adaptaron a muchas formas, tamaños y materiales para su construcción y obtuvieron una mayor resonancia, por lo que, la construcción se ubica en esta entidad por el material utilizado en su construcción.

La inquietud de buscar información relacionada con la manufactura de guitarras impulsó este trabajo al considerar que la música es aquella situación que se mezcla la voz humana con algún instrumento y que su sonido conmueva la sensibilidad y produzca deleite. Es el Estado de Michoacán, el principal productor de guitarras, por ello la inquietud de investigar al respecto.

Al buscar la información referente, se detecta que se encuentra muy dispersa y hecha por investigadores extranjeros en su mayoría y casi nula en relación con reservas de maderas para la construcción de guitarras, por lo que surgieron las siguientes preguntas: ¿Se conoce que cantidad de recursos maderables útiles para la fabricación de las guitarras se tiene en México?; ¿Cómo ha influido la manufactura de guitarras en Michoacán en el deterioro de los bosques maderables? y en este sentido, se desarrolla el trabajo.

Se manifiesta que existe una relación entre las características regionales de México en el ámbito físico y socioeconómico, por ello, el enfoque de la Geografía cultural, permite abordar la relación entre los aspectos naturales y sociales en la organización del paisaje cultural y las actividades productivas, que dan pauta a la elaboración de las guitarras y los diferentes instrumentos musicales utilizando los insumos que se obtienen del medio ambiente local, muy similar ocurre con las artesanías, la ropa, el calzado y la gastronomía tan rica de México.

Es necesario resaltar el desarrollo cultural del Estado de Michoacán, que es impulsado en gran medida por el crecimiento de la industria de las guitarras y el trabajo de los “guitarreros” principalmente en el Municipio de Paracho, que han llegado a niveles de excelencia en la confección de guitarras para todo tipo de evento y la reproducción de guitarras antiguas, de excelente calidad construidas con maderas nacionales poco conocidas, que compiten sin problema con las maderas tradicionales, logrando con esto el reconocimiento a nivel internacional.

2. Metodología

Este estudio es básicamente informativo (expositivo). Los instrumentos, las estrategias y los métodos utilizados son de tipo cualitativo, que expone las experiencias y precepciones en la construcción de guitarras, teniendo como escenario Paracho municipio del Estado de Michoacán. Es de reconocer la que la guitarra es producto de la cultura nacional por lo tanto los valores que la caracterizan dan pauta para ejercitar el entendimiento según del lugar que se habita. Toda la información presentada se basa en lo recopilado en las fuentes directas en campo. La contribución al tema de trabajo radica en analizar la producción y la referencia hacia el deterioro ambiental, tema de investigación central.

Se planteó el siguiente objetivo: Diagnosticar la importancia de los bosques michoacanos en la manufactura de guitarras, como un aspecto de sustentabilidad, apoyado con el enfoque de la geografía cultural que permitió establecer la contextualización para destacar la importancia de la explotación de los bosques en la construcción de guitarras y elaborar la cartografía de los lugares del Estado de Michoacán donde se producen las guitarras.

2.1. Área de estudio

En el Estado de Michoacán se han producido guitarras desde la época colonial, hoy en día, se advierte que, en municipios como Apatzingán, Coalcomán, Arteaga, Tumbiscatío, la costa de Michoacán, Nueva Italia, Paracho y sus localidades cercanas, se construyen instrumentos con madera. En este sentido de los árboles que se talan, se ocupa solo partes de ellos en la

manufactura de las guitarras; del tronco se sacan láminas radiales para las tapas, los aros y la cabeza, se pueden utilizar otras partes (ramas) para los puentes, además de resina y colorantes, dependiendo del tipo de guitarra que se pretenda confeccionar.

En este marco, se observa donde hay zonas deforestadas o con rastros de incendios, en algunas poblaciones se está cambiando la cobertura de árboles naturales por plantaciones de aguacate, por ser más rápido el beneficio económico que se obtiene. En las entradas a Paracho se están plantando aguacates en lugar de las especies endémicas, cuentan con un vivero de pinos en una de las entradas a este municipio.

Los distribuidores de madera saben que algunas especies tienen más demanda que otras y cotizan con un valor comercial alto, ocasionando que se sobreexplota la especie de que se trate y se ocultan, especulando para incrementar el precio, además los que las extraen, prefieren venderlas al extranjero porque el apago es mejor. De modo que, el impacto que se ha producido por la tala de bosques para la fabricación de instrumentos, además de otros usos, a través de décadas ha ocasionado cambio de vegetación original, por otras que son de más rápido crecimiento y obtención de recursos económicos.

Cabe mencionar que esta depredación no solo es responsabilidad de los fabricantes de instrumentos, porque la mayor cantidad de madera que se extrae es para otros usos y hasta lo que se investigó, no se tiene un registro puntual de la cantidad de recursos maderables que se han extraído para la construcción de instrumentos musicales.

2.2. Desarrollo sustentable

Consultando la Comisión para el Desarrollo Sustentable de las Naciones Unidas (2010), señaló que,

“El Desarrollo Sustentable tiene como eje principal satisfacer las necesidades de la población actual, pero sin detrimento de las generaciones futuras, tratando de conservar los recursos naturales para el bienestar en general”

Por su parte, Mesino R.L. toma como referencia a Reed (2000), y menciona que el Desarrollo Sustentable se estructura por tres secciones principalmente: económico, social y ambiental, que son fundamentales en este proceso, describiéndose a continuación.

- 1. El Componente Económico de la sustentabilidad, busca una prosperidad económica que sea sostenible sin agotar los recursos naturales, ni generar desigualdades. Como, por ejemplo, se tiene la reducción de costos a largo plazo, la creación de nuevos empleos o la reducción de la dependencia de recursos finitos.*
- 2. El Componente Social de la sustentabilidad, se centra en el bienestar de las personas, que representa el conjunto de condiciones y factores que contribuyen a una buena calidad de vida, que implica un estado de satisfacción, seguridad y plenitud de los diversos aspectos de la vida.*
- 3. El Componente Ambiental de la sustentabilidad, se considera como la preservación comprometida de los recursos naturales y los ecosistemas que nos rodean, evitando el deterioro de la distribución de agua potable, de los recursos forestales, pesqueros o de minerales y energía, buscando la mitigación y adaptaciones.*

Estos tres componentes del desarrollo sustentable, son esenciales para que el desarrollo sea verdaderamente sostenible y la población alcance los niveles de bienestar socialmente convenidos. Estos componentes no se pueden abordar de manera independiente sino de manera conjunta, pues son interdependientes y generan una intersección que busca el equilibrio y la sinergia.

Enfatizar que la Sustentabilidad Económica, busca que el crecimiento y desarrollo de una sociedad sea rentable, eficiente, resiliente, inclusivo, equitativo y responsable con el medio ambiente, con la finalidad de no comprometer los recursos a futuro.

2.3. Métodos y técnicas de investigación empleadas

Para determinar la importancia de los bosques michoacanos en la manufactura de guitarras, como un aspecto de sustentabilidad, se inicia con la revisión de tipo documental, de acuerdo con Sauto (2015), ésta se caracteriza por el empleo predominante de registros que reconocen los problemas sociales y económicos deben abordarse de manera integral para para contextualizar el objeto de estudio

Los métodos utilizados en esta investigación fueron: el geográfico, indispensable para ubicar las áreas de estudio de las zonas madereras, importantes por la materia prima que generan para elaborar las guitarras, el lugar de estudio es el estado de Michoacán y el municipio Paracho, lugar escogido por su popularidad en la elaboración de guitarras. El método científico que se refiere es a la observación, y permite realizar el planteamiento del problema.

Para conocer directamente, se utilizó el método etnográfico, cuanta madera se usa para elaborar una guitarra, procurando generar un análisis de las unidades de significación categorizadas dar una imagen clara del área estudio, para extraer información sobre sus costumbres, tradiciones y rasgos, mediante preguntas y entrevistas estructuradas.

Finalmente, fue necesario recurrir al método descriptivo para exponer de manera explícita la interpretación los resultados y orientando las respuestas al deterioro del medio ambiente, valorando la planeación que existe y la consideración de que sí la población tiene consciencia sobre la explotación de los recursos naturales del entorno.

3. Resultados

Es de resaltar que el desarrollo cultural de Michoacán, es impulsado en gran medida por el crecimiento de la industria de las guitarras y el trabajo de los “guitarreros” de Paracho que han llegado a niveles de excelencia en la confección de guitarras para concierto y la

reproducción de guitarras antiguas, construidas con maderas nacionales poco conocidas y que compiten sin problema con las de maderas tradicionales, logrando con esto el reconocimiento a nivel internacional, además de los cursos, talleres, exposiciones y conciertos que se ofrecen en Paracho y en el Estado.

La importancia cultural que se origina a raíz de la manufactura de guitarras en el Estado hace que se modifique el perfil económico de Michoacán en algunos municipios, produciendo nuevas fuentes de trabajo, desde la extracción de maderas, pasando por el transporte, manejo y tratamiento según el uso a que se destine la madera, para llegar a los talleres de guitarras y otros instrumentos, así como de fábricas de muebles, industria, construcción y otros.

De ahí que radique la importancia del manejo de maderas específicas en la elaboración de guitarras. Siendo el Estado de Michoacán el lugar de estudio, por la gran extensión territorial que tiene de bosque y donde se elabora el mayor número de guitarras en el país.

3.1. La cubierta de vegetación y usos del suelo

La cubierta de vegetación más común en el Estado de Michoacán de acuerdo con la clasificación de Rzedowski (1981), se presenta con porcentajes más importantes como se observa en la tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de Vegetación del Estado de Michoacán.

TIPO DE VEGETACIÓN	
Selva caducifolia	28.1%
Bosque de coníferas	19.1%
Bosque de encino	8.6%

Fuente: INEGI (2020)

Con respecto a las provincias fisiográficas que tienen mayor cobertura de vegetación superficial son:

La Depresión del Balsas-Tepalcatepec que tienen una superficie de 3,448.0 km², y su cobertura está clasificada de la siguiente manera: Selva caducifolia, su superficie es de 3 342.1 km²

y el bosque de encino cuenta con 81 km². La Sierra Madre del Sur y el Sistema Volcánico Transversal, son provincias fisiográficas que cuentan con altos porcentajes de cubierta vegetal, por lo cual resulta necesario conocer el grado de conservación o deterioro de dichas áreas, ya que muchas veces son secundarias o zonas de degradación (INEGI, 2020).

De igual manera estas provincias fisiográficas, tienen la mayor superficie en uso agrícola (14 460.5 km²); de la cual la agricultura de temporal tiene una superficie de 8 927.8 km, la agricultura de riego cuenta con 1838.9km² y en tercer lugar se encuentra la altiplanicie con 2 825.7 km², con la agricultura de riego el principal uso con 1 541.9 km² (INEGI, 2020) (Tabla 2).

Tabla 2. Clasificación de la agricultura en el Estado de Michoacán.

TIPO DE AGRICULTURA	
Agricultura de temporal	19.2%
Agricultura de riego	9.0%
Vegetación inducida	6.6%

Fuente: INEGI 2020

Es de considerar que el 39.5% de la superficie está en uso; el 23.3% tiene cubierta vegetal, 0.1% de la superficie no tiene vegetación y 16.1% son cuerpos de agua (Rzedowski, 1981).

Las provincias fisiográficas que cuentan con mayor superficie de cubiertas vegetales naturales son: la Sierra Madre del Sur (85.5%), el Sistema Volcánico Transversal (55.2%) y la Depresión del Balsas-Tepalcatepec (49.2%). Aunque en estas provincias fisiográficas hay altos porcentajes de vegetación natural nativa, es importante conocer como se conservan éstas o determinar su grado de deterioro, pues hay zonas con degradación aparente que se reportan como bosques o selvas abiertas (INEGI, 2020).

En la recopilación de la información en campo, se ha observado las zonas denominadas “desprovista de vegetación” y “sin vegetación aparente”, que son superficies de suelos degradados, donde el uso intensivo ha ocasionado su deterioro y la consecuente pérdida de vegetación y en algunos casos hay cubierta vegetal inducida o cultivada sobre suelos degradados prácticamente sin horizontes A y B. dichos suelos han perdido sus funciones

ambientales, como fijación de carbono, retención de humedad, hábitat de flora y fauna nativos y capacidad productiva, entre otras, En esta zona se tiene como principal actividad económica la minería y el cultivo del aguacate en suelos del tipo Luvisol y otros no aptos para esa actividad agrícola, como Vertisol, Leptosol y Gleysol (INEGI 2020).

3.2. Distribución regional de las guitarras michoacanas

En relación con la distribución de guitarras que se fabrican en Paracho Michoacán, no se tiene un registro confiable de la ruta que siguen las guitarras, pues van a diferentes lugares del país y del mundo, depende del tipo de instrumento que se utiliza con mayor frecuencia, de acuerdo con el tipo de género musical, por lo tanto, resulta aventurado señalar una distribución o destino de las guitarras que se manufacturan en el estado, como se observa en la figura 1.

Figura 1. Tipo de instrumento que se más se toca, por región del País.
Bajo sexto y bajo quinto, se usan en el grupo norteño



Fuente: elaboración propia, según información recogida en 2020.

3.3. Resultados de la aplicación de encuestas

Las respuestas que se presentan a continuación son el resumen de las que se obtuvieron de 7 constructores de guitarras o “guitarreros” como se autonombbran, aunque algunos utilizan “lauderos” recientemente y también de distribuidores de instrumentos, por lo que se presenta en la tabla 3, que es el resumen de la información solicitada.

Tabla 3. Concentrado de respuestas obtenidas directamente en campo, sobre la utilización de la madera para elaborar guitarras.

Preguntas	Respuestas
1.- ¿Existen programas de explotación sustentable de maderas preciosas en Michoacán?	La mayoría desconoce si existen programas de explotación sustentable.
2.- ¿Cómo se lleva a cabo estos programas?	Se está cuidando el bosque de la tala ilegal recientemente, pero en cuanto a un desarrollo sustentable no se tienen datos.
3.- ¿Desde cuándo se aplican?	Hace tiempo había arrieros y leñadores que sacaban de manera indiscriminada árboles para diferentes usos, pero esta extracción no era tan visible pues carecían de tecnología.
4.- ¿Qué tan cierto es lo relacionado al corte de árboles con “la luna sazónada”	La explicación científica es, al igual que las mareas que se originan con la luna, el agua dentro del árbol también se desplaza más hacia abajo, por lo tanto, es recomendable el corte en la luna nueva.
5.- ¿Es cierto que existen arboles macho y hembra de la misma especie?	Se desconoce, aunque algunos constructores refieren que por tradición se cree que si existen arboles macho o hembra de la misma especie, pero solo se encontró información con esta afirmación en el libro de Martínez de la Rosa A. y Hernández V. (2005) ...con mi guitarra en la mano.
6.- ¿Se tiene registro o inventario del número de especies utilizables para instrumentos musicales en Michoacán?	No, solo se utiliza lo que se tiene a la mano y en la actualidad la gran mayoría de maderas utilizadas es de importación principalmente para las llamadas guitarras finas, de concierto o flamenco.
7.- ¿Cómo se protegen las especies utilizadas para instrumentos musicales de los incendios forestales y de la tala clandestina?	No existe protección contra los incendios forestales, pues en la mayoría de los casos (si no es en todos), estos se provocan para aumentar la superficie útil para la agricultura, ganadería o crecimiento urbano, y sin la asesoría adecuada. Algunos constructores comentaron que, en los bosques cercanos a Paracho, se explotó hasta casi la extinción de los árboles de Haya (<i>Fagus mexicana</i> , Martínez) En cuanto a la tala clandestina comentan que siempre se lleva a cabo y que no es fácil detenerla, ya que no hay vigilancia adecuada.
8.- ¿Cómo se clasifican los árboles de maderas finas que serán usados en la fabricación de instrumentos musicales, muebles u otros usos?	Se agrupan según las características de cada especie, tamaño y estado, sin plagas o deformación. También se buscan árboles por encargo, para muebles, industria, construcción, artesanías e instrumentos musicales.

9.- ¿Se puede utilizar cualquier parte del árbol para obtener madera útil para guitarras?	No, solo algunas partes ejemplo, para la caja de resonancia; tapa superior, tapa inferior y costillas, se usa solo el fuste, o sea el tronco, porque se sacan cortes radiales, para otras partes de la guitarra se pueden utilizar de otra parte del árbol.
10.- ¿En qué consiste el proceso de corte y secado de la madera utilizada en la manufactura de guitarras?	No se sabe con precisión como se realiza el corte y secado en la actualidad, ya que anteriormente se realizaba con sierra a mano, cuidando el corte y que no se azotara el árbol al caer pues esto dañaba la madera, además de tener cuidado que los troncos permitieran sacar más trozos para cortes radiales del fuste y el resto del árbol se puede usar para otras partes de la guitarra o para otros usos, muebles, artesanías y otros. En cuanto al secado de la madera, es mejor esperar varios años a que este totalmente seca manera natural por deshidratación, en lugares aptos evitar que se deformen con el paso del tiempo. Actualmente algunas empresas tienen hornos o estufas en donde se puede acelerar este proceso de secado de la madera y reducir el tiempo de espera para cubrir la demanda de maderas para guitarras y otros instrumentos.
11.- ¿Cuánto tiempo es recomendable esperar para cortar un árbol destinado a la construcción de guitarras?	En el caso de maderas para instrumentos musicales mencionan que se requieren arboles de más de 100 años, es decir maduros.
12.- ¿Se puede acelerar el crecimiento de las especies maderables para instrumentos y de ser así ¿tienen las mismas características?	Se desconoce, la mayoría de los entrevistados indicaron no tener conocimientos forestales o agrónomos especializados.
13.- ¿Qué tan importante es el proceso de corte, traslado, manejo, secado y almacenaje en las maderas para construcción de guitarras?	Es muy importante como ya se comentó en preguntas anteriores y determinante para lograr una guitarra de calidad en especial de concierto.
14.- ¿Se pueden utilizar otras especies que hayan sido correctamente tratadas para la construcción de guitarras?	Si, ya se están utilizando, los resultados se podrán constatar con el paso de los años.
15.- ¿Qué resultados se han obtenido con otras especies, por ejemplo: el aguacate, el zapote, el capulín, el eucalipto, el huizache y otros?	Existen en el mercado guitarras hechas con aguacate y otras maderas, aunque la mayoría son usadas para guitarras de acompañamiento, los constructores están haciendo esfuerzos para mostrar que la calidad del sonido de las guitarras no depende de la madera con que se construyen, sino que influye el profesionalismo de las personas en la construcción de la guitarra, así como le ejecución del guitarrista.

Fuente: Encuesta aplicada a 7 constructores de guitarras o “guitarreros” en el municipio de Paracho Michoacán, entre el 2 y el 5 de junio de 2019.

Después de revisar la información proporcionada por los 7 lauderos o constructores de guitarras, se encontró que la población de Paracho Michoacán aplica la propuesta de sustentabilidad, es decir, los habitantes están cuidando sus bosques que han sido

saqueados. Estos cuidados son una parte de la sustentabilidad que es necesaria para mejorar la explotación racional de la madera.

4. Discusión

La dimensión ambiental del desarrollo sostenible se fundamenta en la interacción y el impacto de las actividades humanas en el paisaje natural, que tiene la capacidad de sostener la vida y proporcionar los recursos a largo plazo. Por lo tanto, el uso y gestión responsable busca asegurar la disponibilidad para las generaciones futuras. La Sustentabilidad Ambiental, requiere el uso de los bienes ambientales de forma tal, que no disminuya la productividad de la naturaleza, ni la contribución general de los bienes y servicios ambientales al bienestar humano.

La dimensión ambiental en la construcción de guitarras es un aspecto complejo que requiere una consideración integral de todo el ciclo de vida del producto, en este sentido en la medida que la conciencia sobre el cuidado del medio ambiente crezca, es probable que la innovación en laudería sostenible siga avanzando, asegure la equidad social y la población alcance los niveles de bienestar convenidos (Mesino 2006, p 50).

Después de revisar la información obtenida y las entrevistas realizadas a lauderos en Paracho, Michoacán, que la madera utilizada para elaborar guitarras no representa una sobreexplotación como se pensaba, hay poca información sobre la conservación de bosques y se puede apreciar que los habitantes de estos lugares ya empezaron a cuidar sus bosques, por lo tanto, la propuesta de sustentabilidad está siendo aplicada y las especies endémicas se están recuperando, esto ocurre en las inmediaciones de Paracho, Michoacán.

La propuesta es, que se continúe con el cuidado de los bosques por parte de la población, porque es la manera más efectiva de protegerlo, por ello, la capacitación en uso y manejo de sus recursos, es muy importante, para evitar la explotación de las maderas “finas” que no estén debidamente registradas y valoradas como susceptibles de uso, sin afectar la población restante, elaborar e implementar programas de invernaderos para especies

maderables endémicas, especialmente las usadas en la fabricación de instrumentos musicales.

Finalmente hay que comentar que la guitarra que es uno de los instrumentos más comunes para la humanidad ya que su origen data del año 1000 a. c., cuando los hititas y asirios usaban un instrumento similar. Para su elaboración se ha utilizado siempre maderas especiales, que tienen que elegirse cuidadosamente, para obtener buenos resultados en la sonoridad del instrumento, por lo que el sonido que emita debe ser estable y agradable al oído humano, por lo tanto, hay que seguir con la tradición e innovación con la medida sobre la salud de los ecosistemas.

5. Conclusiones

Al revisar la información sobre el tema se encontró que, la explotación de bosques para la construcción de guitarras no es significativa.

Según las entrevistas realizadas en Paracho, Michoacán, los habitantes están cuidando sus bosques saqueados, la propuesta de sustentabilidad la aplican.

Es indispensable fomentar un programa de cuidado y reproducción de especies maderables útiles para la construcción de guitarras a largo plazo, con el fin de que se logre un crecimiento de la masa forestal con especies que han sido explotadas de manera indiscriminada, también es conveniente la mejora en los procesos de extracción, manejo y tratamiento, para garantizar la calidad, y por último se debe continuar con la experimentación de otros materiales para tener varias variantes de maderas en la manufactura de guitarras.

7. Conflictos de intereses

Los autores de esta investigación declaran bajo protesta de decir la verdad que este es un trabajo original y que no existen conflictos de interés.

8. Referencias

- Aviñoa Xose (1985), *La guitarra. Barcelona España*, ediciones Daimon Manuel Tamayo.
- Bassols B. A. (1982), *Geografía económica de México, teoría, fenómenos*,

generales, análisis regional. Segunda impresión México, editorial Trillas.

Bautista, F. Ihl, T. (2019), *Estado actual de la cobertura y uso de suelo en Michoacán*, Leído en:

https://www.researchgate.net/publication/313627931_Estado_actual_de_la_cobertura_y_uso_de_suelo_en_Michoacan

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad Gobierno del Estado de Michoacán Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente, (2005), *La biodiversidad en Michoacán, estudio de Estado, Gobierno del Estado de Michoacán*, Leído en:

<https://www.cbd.int/doc/world/mx/mx-nr-ctr-p1-es.pdf>.

Cervantes, Z. Y., Cornejo, O.S. L., Lucero, M.R., Espinosa, R. J, Miranda, V E., Pineda. V A. (1990), *Clasificación de Regiones Naturales de México*, Leído en: Datos: ESRI Shapefile (SHP) 1, ESRI Shapefile(SHP) 2, KML, WMS, Geoportal CONABIO.

Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (2010), *Regiones económicas de México*, Obtenido del libro: Bassols Batalla, A (1967). Leído en:

<https://descargamapas.net/mexico/mapa-mexico-regiones-economicas.png>

Cumbre pueblos, (2017), *Problemas medioambientales: Qué son y ¿Cuáles son los más frecuentes?*, Leído en:

<https://cumbrepuebloscop20.org/medio-ambiente/problemas/>

De Vargas y Guzmán Juan A. (1776), *Explicación para tocar la guitarra de punteado por música o cifra, y reglas útiles para acompañar con ella la parte del bajo*.

Díaz, C. J.A (2011), *Teoría, historia y metodología de la Geografía*, leído en

<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal15/Geografiasocioeconomica/Geografiacultural/08.pdf>

Fernández, T. y Tamaro, E. (2004), *Biografía de Guido d'Arezzo*, Editorial Biografías y Vidas, Barcelona, España, Leído en:

<https://www.biografiasyvidas.com/biografia/g/guido.htm>

Fokine, S. (2004), *Manual práctico de la teoría elemental de la musica*. Toluca Edo. de Méx,

AVA S.A. de C.V. Apartado postal No.419 ADMON.1

García L. Abel (2010), *Doce guitarras, caudal sonoro de maderas mexicanas*. Morelia Michoacán México, impreso en los talleres de Lito offset Vargas.

Garza, M A. (2007), Manual de técnicas de investigación para estudiantes de ciencias sociales y humanidades, Colegio de México, 7ma. edición. Leído en: [google.com.mx/books/edition/Manual_de_técnicas_de_investigación_pa/jdaQtK8RK2sC?hl=es&gbpv=1&dq=inauthor:"Ario+Garza+Mercado"&printsec=frontcovergoogle.com.mx/books/edition/Manual_de_técnicas_de_investigación_pa/jdaQtK8RK2sC?hl=es&gbpv=1&dq=inauthor:"Ario+Garza+Mercado"&printsec=frontcover](https://books.google.com.mx/books/edition/Manual_de_técnicas_de_investigación_pa/jdaQtK8RK2sC?hl=es&gbpv=1&dq=inauthor:"Ario+Garza+Mercado"&printsec=frontcovergoogle.com.mx/books/edition/Manual_de_técnicas_de_investigación_pa/jdaQtK8RK2sC?hl=es&gbpv=1&dq=inauthor:"Ario+Garza+Mercado"&printsec=frontcover).

Gobierno del Estado de México. (2010), *Caleidoscopio Mexiquense*. México, ed. Gobierno del Estado de México.

Hernández V., Martínez A., Martínez J.A. (2005), *El arpa grande de Michoacán, cifra y método para tocar arpa grande*. México, impreso en los talleres de Morevallado Editores

INEGI, (2020), *Censo de Población y Vivienda*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Leído en: <https://censo2020.mx/>

López M. Iván A. (2013) *Música: Expresión cultural.*, México, Leído en: <http://musicafde.blogspot.com/>

Mag21, (2020), *Monografía del estado de Michoacán*. Revista de México desconocido: Leído: <https://www.mexicodesconocido.com.mx/mexico-estados-monografia-michoacan.html>.

Martí S. (1968). *Instrumentos Musicales Precortesianos*. México, ed. I.N.A.H.

Martínez, de la R. A., Hernández V., Herrera M., Martínez J.A. (2005), *con mi guitarra en la mano tablaturas para guitarra de golpe y vihuela*. México, impreso en los talleres de Morevallado Editores.

Mesino, R. L. (2006), *Las Políticas fiscales y su impacto en el bienestar social de la población venezolana. Un análisis desde el paradigma crítico*. Perido:1988-

2006, leído en:

<http://www.eumed.net/tesisdoctorales/2010/lmr/Teoria%20del%20Desarrollo%20Sustentable.htm>.

Moncada F.G. (1995) *TEORIA DE LA MUSICA, la más sencilla útil y práctica. ed. Ridordi ediciones Framong, México*

Olmos C.A. (2021), Texto borrador para debate en proyecto interpretación del pasado y presente en el Estado de México a través de sus obras tecnológicas Coloniales y Modernas. ¿Cómo y para que leer un paisaje? Facultad de Geografía, UAEMéx.

Reuter, J. (1981), *La música popular de México, origen e historia de la música que canta y toca el pueblo mexicano*. México. Panorama Editorial, S.A.

Rzedowski J. (1981). *Vegetación de México*. México, editorial Limusa.

Futuro urbano del Estado de México: retos y oportunidades en el siglo XXI

Urban Future of the State of Mexico: Challenges and Opportunities in the 21st Century

Iván Vilchis Mata^{1*} y Luis Giovanni Ramírez Sánchez¹

¹SECIHTI-El Colegio Mexiquense A.C. Santa Cruz de los Patos, Zinacantepec, México, Código Postal: 51350. ivilchis@cmq.edu.mx, iramirez@cmq.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0002-3275-585X>, <https://orcid.org/0000-0003-0509-3413>

*Autor de Correspondencia

Recibido: 03/04/2025. Aceptado: 10/05/2025. Publicado: 08/07/2025

Cómo citar: Vilchis Mata, I. & Ramírez Sánchez, L.G. (2025). Futuro urbano del Estado de México: retos y oportunidades en el siglo XXI. *Geografía Aplicada*, 1(2), 38-60.

Resumen

El texto tiene como objetivo reflexionar de manera crítica acerca de los retos y oportunidades que tienen las ciudades del Estado de México, algunos no han podido ser resueltos, otros han incrementado su magnitud, sus nuevas realidades y su futuro inmediato (año 2030). Clasificamos las ciudades por su tamaño demográfico, se toma en consideración únicamente la proporción de población urbana municipal, como indicador del grado de urbanización. Los retos urbanos que se exponen están estrechamente relacionados con la dinámica de las ciudades que requieren una mayor atención en la actualidad, desde una visión sistémica socioterritorial con enfoque sostenible, centrada en

los cambios y transformaciones de orden económico, social y ambiental. Los resultados muestran que al menos en el corto plazo, el futuro urbano no llegará a todas las ciudades del Edomex, debido a un marcado predominio de la desigualdad social y espacial, así como al avance de la crisis ambiental y climática. De ahí que la formulación de estrategias y políticas públicas deben de ir encaminadas a tratar de reducir los efectos negativos, anticipar cambios o posibilidades socioterritoriales que ofrecen las ciudades mexiquenses.

Palabras clave: Ciudades, sostenibilidad, retos urbanos.

Abstract

The objective of this text is to critically reflect on the challenges and opportunities faced by the cities of the State of Mexico. Some challenges remain unresolved, while others have increased in magnitude, alongside the cities' new realities and their near future (year 2030). Cities are classified by demographic size, considering only the proportion of municipal urban population as an indicator of the degree of urbanization.

The urban challenges presented are closely related to the dynamics of cities that require greater attention today, approached from a systemic socio-territorial perspective with a sustainable focus, centered on economic, social, and environmental changes and transformations.

The results show that, at least in the short term, the urban future will not reach all cities in the State of Mexico due to a marked prevalence of social and spatial inequality, as well as the advance of environmental and climate crises. Therefore, the formulation of strategies and public policies must aim to reduce negative effects and anticipate socioterritorial changes or possibilities offered by the cities of the State of Mexico.

Keywords: Cities, sustainability, urban challenges.

1. Introducción

Las ciudades son más que simples escenarios donde suceden las cosas (Bello et al., 2017). Actúan como polos o catalizadores territoriales, que cambian, se transforman y juegan un importante rol para el futuro de la humanidad, en todas sus escalas no solo en las grandes ciudades. Las ciudades son los motores para impulsar el progreso, bienestar y desarrollo de las sociedades en el siglo XXI, la razón principal radica en las oportunidades y los beneficios que ofrecen de manera individual o colectiva a sus habitantes (Garrocho y Campos, 2015).

Corresponden a sistemas urbanos complejos, dinámicos además de ser heterogéneos que se configuran y reconfiguran de manera iterativa en el espacio-tiempo con una fuerte fragmentación territorial, que deparan tanto oportunidades (e.g. empleo, salud, ventajas de la calidad de vida, desarrollo y bienestar), como desafíos (e.g. pobreza, exclusión, segregación) para sus habitantes (Güell, 2015).

Las ciudades llegaron para quedarse, operan en red, con una intensa integración funcional, a través de relaciones y flujos interdependientes en sinergia con otros sistemas, no de manera aislada (Batty, 2013; Cohen, 2018; Luiselli Fernández, 2019). De ahí que la megatendencia mundial dominante del siglo XXI sea contundente e inevitable: un futuro urbano que actualmente alberga 55% de la población mundial (ONU-Habitat, 2022).

México es un país eminentemente urbano, su población en el año 2020 contabilizó poco más de 126 millones de habitantes, de los cuales más de la mitad residía en concentraciones metropolitanas: uno de los principales retos en el contexto del cambio demográfico, estructural y territorial, tanto del presente como del futuro (Giorguli y Sobrino, 2022).

Si bien se reconoce que las zonas metropolitanas corresponden a la unión (aglomeración) de dos o más unidades político-administrativas contiguas, cada una de estas representa en si misma a una ciudad (SEDATU-CONAPO-INEGI, 2020). De ahí el interés de indagar un panorama más específico sobre lo que sucede en su interior.

El Estado de México (en adelante Edomex) se encuentra en el nicho de ciudades con crecimiento acelerado, con patrones disfuncionales, excluyentes y vulnerables (Banco Mundial, 2012; Sobrino et al., 2015). En general, las ciudades concentran población de bajo ingreso, se estima que seis de cada diez empleos son informales (IMCO, 2020), pero también actúan como impulsores del crecimiento económico de los países en desarrollo, en más del 70% del PIB nacional es producto del empleo formal y de la alta productividad (ONU-Habitat, 2016). En este sentido vale la pena preguntarse si ¿será posible que el futuro del Edomex estará determinado por la productividad y el máximo beneficio para los habitantes?

Por tanto, la administración de las ciudades debe de contribuir a generar un desarrollo sostenible y con ello tener un efecto positivo en la población (ONU, 2013). La legislación urbana debe de ser vista desde lo local hacia lo global, donde el gobierno actúe como un organismo guía en la toma de decisiones, con miras a fortalecer el alcance de los planes, programas y acciones institucionales o no institucionales (Treviño, 2011).

Consideramos como premisa encaminar la comprensión de los retos urbanos como son el crecimiento demográfico, la desigualdad social, el cambio climático, movilidad y sostenibilidad, los cuales ejercen presión socioespacial, donde se juega el futuro del Edomex, dependiendo de la capacidad de respuesta, adaptación y prevención a que están expuestas sus ciudades.

La realidad urbana que caracteriza al Edomex, en su contexto de ciudades, resulta ser muy reveladora ya que en 2030 únicamente 37 de 117 ciudades, constituirán verdaderos polos de atracción que albergarán a ocho de cada diez mexiquenses (CONAPO, 2019). Se asume que los retos urbanos no son una novedad, son bastante conocidos, sin embargo, el criterio espacial-funcional-territorial más el comportamiento demográfico, en el contexto metropolitano y urbano de las ciudades, en el futuro próximo no alcanzará a los 125 municipios del Edomex, lo cual implica todo un reto de la política de planeación urbana, su organización, así como su funcionamiento territorial.

Por lo anterior se plantea realizar una reflexión de manera crítica acerca de los retos y oportunidades que presentan las ciudades del Estado de México, bajo la consideración de que actualmente se vive en un mundo urbano, donde más de la mitad de la población mundial es urbana, con cuatro mil ciudades que rebasan los cien mil habitantes (Shlomo, 2012).

2. Metodología

Iniciamos con la definición de la tendencia de distribución y dispersión espacial, únicamente de las porciones territoriales municipales catalogadas como urbanas (i.e. manzanas urbanas), dentro del marco geoestadístico del INEGI en su edición 2024. Para lo cual empleamos una medida de dispersión espacial de amplia utilidad en estudios geográficos, conocida como elipse desviacional estándar (*standar deviational ellipse*), a partir de sus tres componentes analíticos: la media espacial, los ejes (mayor y menor) de desviación, además de la dirección con el ángulo de rotación. Estimamos la elipse con una desviación estándar la cual cubre un aproximado de 68.0% de las entidades espaciales analizadas (Lee y Wong, 2001).

Continuamos con la clasificación de ciudades por su tamaño demográfico con base en ONU-Hábitat (2017) y, tomamos en consideración únicamente la proporción de población urbana municipal, como indicador del grado de urbanización, de la siguiente forma: Ciudades Grandes (entre 1 millón - 5 millones de habitantes), Ciudades Intermedias (entre 500 mil - un millón de habitantes), Ciudades Medias (entre 100 mil - 500 mil habitantes), Ciudades Pequeñas (entre 50 mil - 100 mil habitantes) y, Centros Urbanos (entre 15 mil - 50 mil habitantes). Destacamos la existencia de distintos umbrales que se pueden contemplar para establecer jerarquías o rangos de ciudades, con una línea base del año 2020 y proyecciones de población a 2030 con base en CONAPO, 2019.

Finalmente, realizamos precisiones sobre las problemáticas y retos urbanos multiescales y multidimensionales que ejercen presión socioespacial, cuya magnitud corresponde

plenamente con una visión de lo que puede llegar a pasar en el 2030, de acuerdo con el comportamiento y organización funcional de la población que ha sido calificada como urbana, así como la probable expansión territorial de las ciudades.

3. Resultados

En el Edomex la distribución-dispersión espacial de las porciones territoriales urbanas municipales muestran un eje mayor de 52.2 kilómetros de longitud y un eje menor de 36.2 kilómetros de longitud, en un área de 5,940 km², con una orientación de la distribución de surponiente a nororiente (Figura 1). Este patrón espacial de aglomeración posibilita interpretar que una ciudad no es sinónimo de municipio, que obedecen a una dinámica que ha cambiado, se ha transformado, con una profunda concentración de población en zonas metropolitanas. De acuerdo con cifras del Censo de Población y Vivienda del INEGI (2020), el Edomex es la entidad más poblada del país con 16,992,418 habitantes, equivalentes a, nada más ni nada menos que, 13.5% de la población nacional (con tan solo 1.1% de la superficie nacional: 22 mil km² en 125 municipios).

De manera sorprendente 14,963,474 habitantes que representan 88.1% de la población del Edomex viven en un contexto urbano, que además es metropolitano. Esta magnitud poblacional significa que ocho de cada diez mexiquenses residen en alguno de los 81 municipios (40.3% de la superficie estatal: 9,011 km²) que constituyen las tres zonas metropolitanas de la entidad Mexiquense.

De esos 14.9 millones de habitantes, la Zona Metropolitana del Valle Cuautitlán-Texcoco (ZMVCT) concentra en 59 municipios (6 292 km²) a 12,426,269 habitantes (73.1% del total estatal) con una densidad poblacional de 1,914 hab/km²; la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT) en 16 municipios (2,415 km²) a 2,353,924 habitantes (13.9% del total estatal) con una densidad de 974.8 hab/km²; finalmente la Zona Metropolitana de Santiago Tianguistenco (ZMST) en 6 municipios (304 km²) a 183,281 habitantes (1.1% del total estatal) con una densidad de 602.9 hab/km².

Los municipios de la ZMVCT, denominada así por decreto en 2009 como parte de la política de ordenamiento y desarrollo urbano en el ámbito del territorio mexiquense y considerada así para los fines de este documento, actualmente y en conjunto con las 16 delegaciones de la CDMX y dos municipios del estado de Hidalgo, forman parte de la denominada Zona Metropolitana de la Ciudad de México: la Megalópolis más grande de México, la cual se reconfigura en 2020 y sustituye a la que fue denominada como Zona Metropolitana del Valle de México.

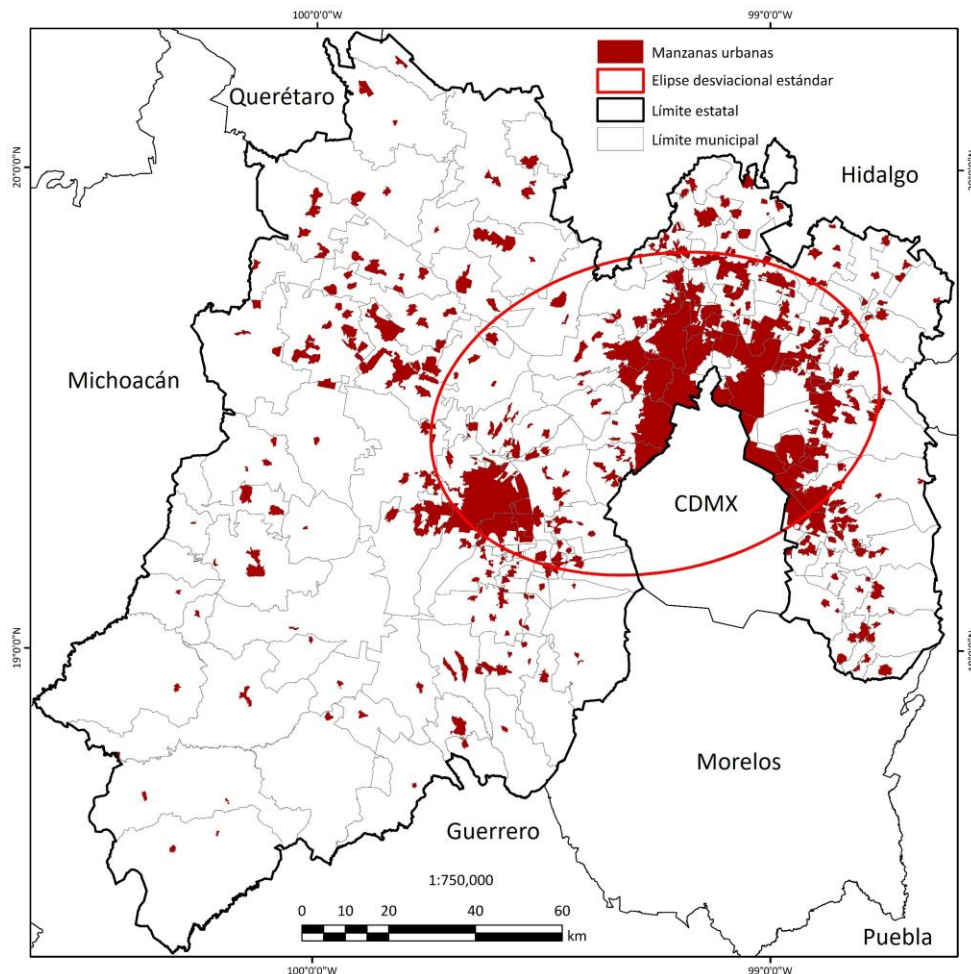


Figura 1. Distribución y dispersión espacial de las porciones territoriales urbanas municipales del Estado de México en 2024.

Fuente: elaboración propia con base en el marco geoestadístico del INEGI (2024).

Los escenarios de crecimiento de la población del Edomex muestran que seguirá en aumento. La proyección de 18,887,349 habitantes al año 2030, es un incremento de 11.2%, equivalente a 1,894,931 habitantes (CONAPO, 2019). De ese incremento, 88.9% equivalente a 1,685,387 habitantes se presentarían en las tres zonas metropolitanas: La ZMVCT pasaría de 12,426,269 a 13,915,660 habitantes (incremento 12.0 %), La ZMT de 2,353,924 a 2,537,790 habitantes (incremento 7.8 %), por último, la ZMST de 183,281 a 195,411 habitantes (incremento 6.6%). Las tres zonas metropolitanas en 2030 alcanzarían una población total de 16,648,861 habitantes, cifra muy cercana a la población total que se tenía en el Edomex en 2020.

Como podemos observar en la tabla 1, para el año 2020, destacaban únicamente dos Ciudades Grandes (millonarias): Ecatepec y Nezahualcóyotl con 2.7 millones de habitantes en conjunto, prácticamente el 100.0% de su población era urbana, con alta densidad poblacional por kilómetro cuadrado (10.5 mil y 17.1 mil hab/km² respectivamente). En estas dos ciudades residía 18.7% de la población urbana estatal y 16.0% de la población total de la entidad. Se contempla que para el año 2030 se duplicarán a cuatro las Ciudades Grandes: Ecatepec, Nezahualcóyotl, Toluca, así como Naucalpan, para un acumulado poblacional de 5.2 millones de habitantes de los cuales el 98.0 % de la población municipal, como mínimo, se encontrará en un contexto urbano. Naucalpan y Nezahualcóyotl presentarán los mayores crecimientos poblacionales 23.9% y 22.4% respectivamente, seguidos por Ecatepec 14.7% y Toluca 11.9%. Con estas proyecciones en 2030 (CONAPO, 2019) tres de cada diez mexiquenses vivirán en estas cuatro Grandes Ciudades (27.8% de la población total estatal).

Ciudades Grandes (mayores a 1 millón de habitantes)							
2 Ciudades	Población urbana 2020	Proporción de la población total municipal 2020 (%)	Densidad de población (hab/km ²)	% de la población total estatal	4 Ciudades	Población municipal 2030	% de la población total estatal
Ecatepec de Morelos	1,643,623	99.9	10,599		Ecatepec de Morelos	1,886,944	14.7
Nezahualcóyotl	1,077,096	100.0	17,126		Nezahualcóyotl	1,318,836	22.4
					Toluca	1,019,014	11.9
					Naucalpan de Juárez	1,033,735	23.9
Subtotal	2,720,719			16.0	Subtotal	5,258,529	27.8
Ciudades Intermedias (entre 500 mil y 1 millón de habitantes)							
9 Ciudades	Población urbana 2020	Proporción de la población total municipal 2020 (%)	Densidad de población (hab/km ²)	% de la población total estatal	7 Ciudades	Población municipal 2030	% de la población total estatal
Toluca	869,426	95.5	2,145		Chimalhuacán	745,251	5.7
Naucaclon de Juárez	805,719	96.6	5,316		Tlalnepantla de Baz	876,784	30.4
Chimalhuacán	703,215	99.7	12,938		Cuautitlán Izcalli	631,589	13.8
Tlalnepantla de Baz	671,937	100.0	8,417		Tecámac	522,124	-4.6
Cuautitlán Izcalli	545,665	98.3	5,076		Ixtapalapa	568,527	4.9
Tecámac	536,414	98.0	3,513		Atlixpán de Zaragoza	609,710	16.4
Ixtapalapa	524,818	96.8	1,683		Tultitlán	594,603	15.2
Atlixpán de Zaragoza	523,065	99.9	5,675				
Tultitlán	514,688	99.7	7,869				
Subtotal	5,694,947			33.5	Subtotal	6,448,588	24.1
Ciudades Medias entre 100 mil y 500 mil habitantes							
17 Ciudades	Población urbana 2020	Proporción de la población total municipal 2020 (%)	Densidad de población (hab/km ²)	% de la población total estatal	26 Ciudades	Población municipal 2030	% de la población total estatal
Nicolás Romero	402,711	93.5	1,864		Nicolás Romero	468,019	8.7
Valle de Chalco Solidaridad	390,901	99.8	8,440		Valle de Chalco Solidaridad	445,135	13.6
Chalco	387,174	96.8	1,786		Chalco	430,059	7.5
La Paz	289,882	98.6	8,253		La Paz	327,683	7.8
Cuicatlan de Benitozabal	293,245	99.9	8,430		Cuicatlan de Benitozabal	338,054	15.2
Zumpango	257,801	91.9	1,263		Zumpango	227,626	-18.8
Huixquilucan	256,236	89.9	2,030		Huixquilucan	313,944	10.2
Texcoco	239,778	86.4	652		Texcoco	284,437	2.5
Metepex	232,009	95.8	3,607		Metepex	270,207	11.5
Chicoloapan	193,532	96.4	4,891		Chicoloapan	235,185	17.2
Cuautitlán	172,626	96.5	4,405		Cuautitlán	182,901	2.3
Zinacantan	170,131	83.4	660		Zinacantan	212,356	4.2
Acáman	166,105	96.9	1,586		Acáman	195,138	13.8
Huehuetoca	156,685	96.0	1,372		Huehuetoca	150,410	-7.9
Tultepec	150,869	95.7	5,927		Tultepec	167,788	6.4
Lerma	122,853	72.1	742		Lerma	170,158	-0.1
Ixtlahuaca	122,094	76.2	480		Ixtlahuaca	174,094	8.7
					Almoloya de Juárez	197,078	12.9
					Tepotztlán	111,124	7.2
					Atlixpán	113,632	3.9
					San Felipe del Progreso	151,976	4.9
					Tenancingo	113,025	8.0
					Temoaya	113,818	7.6
					Jilotepec	102,327	16.7
					Villa Victoria	115,106	6.4
					San José del Rincón	101,122	1.0
Subtotal	4,014,632			23.6	Subtotal	5,712,392	30.2
Ciudades Pequeñas entre 50 mil y 100 mil habitantes							
17 Ciudades	Población urbana 2020	Proporción de la población total municipal 2020 (%)	Densidad de población (hab/km ²)	% de la población total estatal	24 Ciudades	Población municipal 2030	% de la población total estatal
Almoloya de Juárez	98,922	56.7	366		San Mateo Atenco	85,796	-11.9
San Mateo Atenco	96,415	99.0	4,668		Tenango del Valle	80,013	8.3
Tepotztlán	85,423	82.4	504		Atenco	73,574	-2.5
Tenango del Valle	73,583	81.3	431		Tedoyucan	73,941	13.0
Atlixpán	69,252	63.3	427		Otlixpán	94,899	6.9
Atlixpán	69,057	91.5	867		Melchor Ocampo	65,205	6.5
San Felipe del Progreso	68,772	47.5	396		Tlanguistenco	87,966	4.4
Tenancingo	65,813	62.9	639		Ocoyacoac	77,223	7.1
Temoaya	63,669	60.2	571		Teotihuacán	65,458	11.9
Tedoyucan	62,291	95.2	2,122		Calimaya	64,138	-6.4
Otlixpán	61,740	69.5	780		Amecameca	59,775	11.9
Melchor Ocampo	59,014	96.4	4,396		Xonacatlán	58,191	6.5
Tlanguistenco	56,863	67.5	643		Tlamanalco	56,804	15.5
Ocoyacoac	54,405	75.5	513		Yajalapa	50,429	7.9
Nextlápan	53,550	93.8	1,050		Jocotitlán	76,004	9.7
Teotihuacán	50,957	87.1	708		Villa Guerrero	75,969	10.0
Calimaya	50,482	73.7	669		Tejupic	88,845	12.1
					Valle de Bravo	74,872	21.6
					Temascalcingo	74,037	11.5
					Jiquilco	84,637	10.2
					Villa del Carbón	53,746	4.4
					Acámbaro de Ruiz Castañeda	75,871	11.5
					Villa de Atlixpán	57,530	8.0
					Acúlco	56,217	14.1
Subtotal	1,140,208			6.7	Subtotal	1,728,940	9.2
Centros Urbanos entre 15 mil y 50 mil habitantes							
33 Ciudades	Población urbana 2020	Proporción de la población total municipal 2020 (%)	Densidad de población (hab/km ²)	% de la población total estatal	46 Ciudades	Población municipal 2030	% de la población total estatal
Amecameca	44,990	84.2	904		Nextlápan	45,094	-21.0
Temoaya	44,280	94.1	2,905		Temoaya	48,815	3.8
Jilotepec	43,422	49.5	155		Coyotepec	46,867	14.6
Xonacatlán	42,346	77.5	1,027		Tequixquiac	42,713	8.2
Tlamanalco	42,324	86.0	309		Capulhuac	41,056	11.2
Huapetla	42,286	90.4	701		Temascalapa	44,678	2.5
Jocotitlán	37,690	54.4	251		San Antonio la Isla	32,778	2.6
Coyotepec	37,442	91.6	1,031		Atlixpán	35,626	11.7
Tequixquiac	36,516	92.5	325		Jaltenco	32,093	13.7
Villa Guerrero	34,778	50.3	307		Chiconcuac	29,591	6.9
Tejupic	34,187	43.1	119		Juchitepec	29,151	7.5
Valle de Bravo	32,223	52.3	155		Oaxaca	33,743	9.6
Capulhuac	32,025	86.7	1,720		Tepetitlan	35,649	9.5
Temascalapa	31,687	72.7	267		Apaxco	34,100	6.9
San Antonio la Isla	29,933	93.7	1,270		Oaxaca	41,299	13.7
Temascalcingo	29,794	44.9	188		Chiautla	34,279	14.1
Atlixpán	28,851	90.4	191		Morelos	34,916	5.3
Jaltenco	28,217	100.0	6,056		Atlixpán de la Sal	41,409	12.2
Jiquilco	26,469	34.5	281		Xaltlaque	33,927	10.6
Chiconcuac	25,868	93.4	4,075		Apaxco	32,591	11.9
Juchitepec	25,268	93.2	206		Rayón	15,659	-2.0
Oaxaca	24,951	81.0	653		Tepetitlan	23,099	12.7
Tepetitlan	23,353	71.7	183		Donato Guerra	37,868	1.2
Apaxco	23,039	72.2	425		Chapa de Mota	32,429	2.2
Oaxaca	22,649	62.3	258		San Martín de las Pirámides	31,379	7.5
Villa Victoria	22,553	20.8	256		Malinalco	32,137	14.1
Chiautla	22,064	73.4	1,507		Amacuilco	27,647	16.8
Villa del Carbón	21,500	41.7	171		Cocotitlán	16,734	10.8
Morelos	21,045	63.5	142		Juchitán	15,779	2.3
Atlixpán de la Sal	19,326	52.4	322		Jilotepec	22,088	11.1
Xaltlaque	17,121	55.8	285		Luviano	32,829	13.9
Apaxco	16,627	57.1	102		Tonatico	15,347	18.9
Rayón	15,243	95.4	698		Coatepec Harinas	44,740	15.8
					Sultepec	31,300	29.6
					El Oro	42,874	16.1
					Soyaniquilpan de Juárez	15,590	8.8
					Oaxaca	38,897	7.4
					Amatepec	32,828	30.0
					Zumpahuacán	19,236	2.1
					Polotitlán	16,624	10.9
					Almoloya de Alquisiras	17,115	11.6
					Tlaltlaya	43,155	35.9
					Zacatlán	18,113	34.0
					Texcatitlán	21,608	16.9
					Temascaltepec	37,358	6.7
					Tlaxiapa	18,645	13.6
Subtotal	980,067			5.8	Subtotal	1,451,453	7.7
Total: 78 Ciudades	14,550,573	85.6			Total: 107 Ciudades	18,699,902	99.0
Total Estatal	16,992,418		100.0		Total Estatal	18,887,349	100.0

Fuente: Elaboración propia con datos del Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI) y Proyecciones de la Población de los Municipios de México, 2015-2030 (CONAPO).

Tabla 1. Clasificación de ciudades en el Edomex por su tamaño demográfico urbano (2020-2030).

Fuente: Elaboración propia con datos de del Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI) y Proyecciones de la población de los Municipios, 2015-2030 (CONAPO).

Las Ciudades Intermedias en el año 2020 se conformaban por nueve: Toluca, Naucalpan, Chimalhuacán, Tlalnepantla, Cuautitlán Izcalli, Tecámac, Ixtapaluca, Atizapán de Zaragoza y Tultitlán. En ellas residían 5.7 millones de habitantes (concentraron en conjunto 39.1% de la población urbana estatal y 33.5% de la población total de la entidad). En promedio con 98.3% de su población municipal en un contexto urbano. Este panorama cambiará en 2030 a sólo siete ciudades intermedias, debido a que como vimos con anterioridad, Toluca y Naucalpan se reclasifican a Ciudades Grandes. Con esta reducción se proyectan (de acuerdo con la CONAPO, 2019) 4.5 millones de habitantes en únicamente siete Ciudades Intermedias, para concentrar 24.1% de la población total estatal en 2030. En particular, llama la atención Tecámac por su tendencia a la baja, con una reducción poblacional en 2030 de -4.6% de su población respecto a 2020.

Vale la pena hacer una pausa para hacer notar la relevancia de estas 11 ciudades: cuatro Grandes y siete Intermedias (Tabla 1). En conjunto concentraron 57.8% de la población urbana estatal y 49.5% de la población total de la entidad en 2020. Para 2030 se espera lleguen a albergar 51.9% de la población total proyectada. Resulta ser muy revelador como estas 11 ciudades constituyen verdaderos polos de atracción para cinco de cada diez habitantes del EDOMEX, motivo por el cual es imperativo prestarles particular atención en sus diversas dimensiones: territorial, económica, social y ambiental.

Las Ciudades Medias, en 2020 se contaba con 17: Nicolás Romero, Valle de Chalco Solidaridad, Chalco, La Paz, Coacalco, Zumpango, Huixquilucan, Texcoco, Metepec, Chicoloapan, Cuautitlán, Zinacantepec, Acolman, Huehuetoca, Tultepec, Lerma e Ixtlahuaca. En promedio 92.1% de la población en estos municipios se encuentra en un contexto urbano, sin embargo, resaltan por encontrarse por debajo del promedio estatal de 85.6% (únicamente población urbana municipal), Zinacantepec con 83.4%, Lerma 72.1% e Ixtlahuaca con 76.2%. Estas 17 ciudades agruparon 4.0 millones de habitantes en 2020, 27.6% de la población urbana estatal y 23.6% de la población total de la entidad.

El panorama que contempla la CONAPO (2019) para 2030, incluye a las 17 metrópolis ya mencionadas, más la integración de otras nueve ciudades, para un total de 26: Almoloya de Juárez, Tepotzotlán, Atlacomulco, San Felipe del Progreso, Tenancingo, Temoaya, Jilotepec, Villa Victoria y San José del Rincón. De esta manera llegarán a concentrar a 5.7 millones de habitantes, equivalentes a 30.2% de la población total estatal, cifra ligeramente superior a la población de las cuatro ciudades grandes (millonarias). El volumen de población en estas ciudades plantea nuevos retos, independientemente del nivel de urbanización.

Por debajo del contexto urbano promedio estatal (85.6%) se ubican cinco: Tepotzotlán con 82.4%, Atlacomulco 63.3%, Tenancingo 62.9%, Temoaya 60.2%, Almoloya de Juárez con 56.7%. Con cautela se deben considerar las cuatro ciudades restantes, ya que, si bien presentarán un importante incremento poblacional, se ubican en un contexto más rural que urbano: Jilotepec 49.5%, San Felipe del Progreso 47.5%, Villa Victoria 20.8%, y en el mayor de los extremos, San José del Rincón con únicamente 7.3% de su población en un contexto urbano. Por otro lado, aquí también encontramos para 2030, ciudades con tendencia poblacional a la baja respecto a 2020, como Zumpango con una importante reducción poblacional de -18.8%, Huehuetoca con -7.9% y, Lerma -0.1% (CONAPO, 2019).

En este punto hacer otra pausa, para reflexionar sobre la realidad urbana del EDOMEX, en su contexto de ciudades. Es posible afirmar que en 2020 tan sólo en las 28 ciudades que han sido comentadas (dos Ciudades Grandes; nueve Ciudades Intermedias; así como 17 Ciudades Medias) se concentraban 12.4 millones de habitantes, es decir 85.4% de la población urbana estatal, y 73.2% de la población total de la entidad. Para 2030 se espera incrementen a 15.5 millones de habitantes, 82.2% de la población total del EDOMEX. A este nivel de detalle, 28 ciudades (que se incrementarán a 37 ciudades en 2030) albergan a ocho de cada diez mexicanos, que en su mayoría forman parte de los 81 municipios que conforman las tres zonas metropolitanas. Las cuales podemos aseverar, pueden resultar engañosas en la forma de producir estadísticas urbanas con resultados diferentes de manera agregada, situación similar a lo que sucede con las cuatro Ciudades Medias de

Jilotepec, San Felipe del Progreso, Villa Victoria y San José del Rincón, a las que podríamos llamar: Ruralidades en lugar de Ciudades.

En las Ciudades Pequeñas (Tabla 1), tenemos 17 urbes que en conjunto concentran 1.1 millones de habitantes, 7.8% de la población urbana estatal y 6.7% de la población total de la entidad en 2020. Destacan seis por su proporción de población urbana: San Mateo Atenco con 99.0%, Melchor Ocampo 96.4%, Teoloyucan 95.2%, Nextlalpan 93.8%, Atenco 91.5% y Teotihuacán 87.1%. Para 2030 se espera un incremento a 24 ciudades, con 1.7 millones de habitantes, que representarían 9.2% del total estatal. Resaltan dos ciudades con tendencia poblacional a la baja respecto a 2020: San Mateo Atenco -11.9% y Calimaya -6.4%.

Finalmente, nos encontramos con 33 ciudades que albergaban 980 mil habitantes, 6.7% de la población urbana estatal y 5.8% de la población total de la entidad en 2020. Con una tendencia de incremento a 46 centros urbanos en 2030, con 1.4 millones de habitantes, equivalentes a 7.7% del total estatal.

En total la clasificación que hemos realizado arrojó 78 ciudades con 14.5 millones de habitantes, 85.6% de la población urbana estatal en 2020, se considera una tendencia de incremento a 107 ciudades además de una población de 18.7 millones de habitantes para 2030 en el Estado de México, lo cual implica en el corto plazo, que el futuro urbano no llegará a los 125 municipios. Además de considerar que las ciudades presentan interesantes indefiniciones o excepciones en las categorías de Ciudades Pequeñas y Centros Urbanos, donde la tendencia no es siempre al alza, al contrario, se observan algunos retrocesos de población.

3.1. Premisas que ejercen presión socioespacial

Consideramos importante encaminar la comprensión del binomio desigualdad-vulnerabilidad urbana, como problemáticas multiescalares y multidimensionales, algunos de estos retos urbanos pueden observarse en la figura 2, sobre los cuales a continuación realizamos precisiones con mayor detalle.



Figura 2. Retos urbanos que enfrentan las ciudades del Estado de México.

Fuente: elaboración propia.

Reto 1. Comprender los impulsores del crecimiento urbano

La expansión urbana debe ser entendida como una transformación desigual, que sucede de manera más dispersa que compacta y obedece a fenómenos singulares en lugares específicos, es decir, que no ocurre de la misma manera en la porción territorial central-noreste, que en el sureste-noreste de la entidad, más bien de forma diferenciada. Por tanto, el crecimiento de las ciudades en el Edomex implica forzosamente el reconocimiento de un proceso dinámico que varía en el espacio-tiempo, bajo la influencia de factores impulsores y los patrones espaciales de cambio que le dan origen.

En este sentido, se distinguen tres grandes dimensiones que actúan de manera complementaria, es decir, que no son independientes: i) la sociodemográfica en la cual se contemplan indicadores de la dinámica y estructura demográfica, migración y vivienda, en un contexto de aglomeración urbana; ii) la socioeconómica como la accesibilidad local con menores costos por proximidad a oportunidades de empleo, vivienda, bienes y servicios de abasto, salud y educación; iii) la físico-natural relativa a las condiciones naturales con efectos restrictivos y disponibilidad de recursos (Li et al., 2013).

Por tanto, la expansión futura de las ciudades dependerá de la comprensión de estas tres dimensiones, para lo cual es necesario cambiar la fórmula de ejecución de políticas, la toma de decisiones y el emprendimiento de acciones, guiadas por el reconocimiento de una perspectiva local en lugar de una global.

Reto 2. Manifestación de la pobreza y la desigualdad

Tenemos que destacar la función de las ciudades para ofrecer oportunidades de bienestar y desarrollo de sus habitantes, algunas Ciudades Grandes cumplen, otras no, como es el caso de Ecatepec y Nezahualcóyotl, donde para 2020, cuatro de cada diez habitantes se encontraban en situación de pobreza (43.5 % y 46.5 % respectivamente), si bien se ubicaron por debajo de la media estatal, en magnitud son las que mayor población concentran.

Respecto a las Ciudades Intermedias destaca Cuautitlán Izcalli con 31.4 %, seguida por Tlalnepantla 36.7 %, Atizapán de Zaragoza 38.3 %, Tecámac 40.0 %, Tultitlán 42.2 % y Naucalpan 42.5 %, en este mismo grupo llama la atención Toluca, lo que es señal de alerta, la capital estatal no está cumpliendo con sus funciones, al concentrar 51.0 % de pobreza, así como Ixtapaluca 54.2 %, así como de forma dramática Chimalhuacán con 68.9 %, una verdadera fábrica de pobreza urbana. Finalmente, las Ciudades Medias con la cifra más baja a nivel estatal tenemos a Coacalco con 28.6 % y Metepec 33.1% de pobreza.

Podemos aseverar que un asunto pendiente, injusto e insuficiente ha sido la lucha contra la pobreza, ya que cada día surgen nuevos pobres urbanos, que amplían las brechas de

desigualdad, por tanto, es prioritario, debido a su magnitud y alto impacto en el acceso equitativo a una mejor calidad de vida de los mexiquenses.

Reto 3. Las economías urbanas

El factor clave para el desarrollo de las ciudades del Edomex se cimenta en el impulso diversificado del conocimiento, la innovación y la tecnología, que remodelan las formas en que se vive, se trabaja, se estudia y, se entretiene.

Como fuentes clave de competitividad, nueve ciudades destacan por fortalecer el ecosistema intensivo en uso del conocimiento: Tlalnepantla, Naucalpan, Toluca, Ecatepec, Cuautitlán Izcalli, Lerma, Tultitlán, Atizapán de Zaragoza y Nezahualcóyotl. En ellas se concentran sectores dinámicos relacionados con la industria del papel, química, del plástico y del hule, la fabricación de productos metálicos y no metálicos, la fabricación de quipo de transporte, los servicios profesionales, científicos y técnicos, y los referentes a las instituciones de intermediación crediticia y financiera no bursátil, con importantes aportes a la economía y fuentes de empleo en el Edomex.

Finalmente, la economía urbana debe de ir encaminada a promover el buen funcionamiento y organización de los mercados urbanos; al desarrollo solidario y equitativo de las ciudades; a la generación reducción de la pobreza con la creación de empleo. Sin olvidar los principales retos que debe de enfrentar la economía urbana: i) la desigualdad en la distribución de ingresos y riquezas; ii) la inversión en infraestructura y servicios públicos, iii) La competitividad internacional de las ciudades (FMI, 2017).

Reto 4. Deterioro ambiental y calidad de vida

Las ciudades son generadoras de impactos negativos, crean condiciones además de sufrir consecuencias insostenibles y vulnerables. Destacamos tres: el abastecimiento de agua potable, la contaminación atmosférica, así como la variabilidad climática. En primer lugar, en el Edomex existe un alto factor de riesgo en materia de disponibilidad de agua para 2030, se encuentra en un contexto catastrófico de opciones reducidas y un punto sin retorno, el

cual se expresa por la falta o reducción de la dotación per cápita del orden de 40% (de 210 litros por habitante al día actualmente, se pasaría a 120.0 litros por habitante al día en 2030), situación que se traducen en un futuro propenso a estrés y déficit hídrico, que contribuye al incremento de desigualdades, pobreza además de conflictos (Vilchis et al., 2018). La dependencia de fuentes de abastecimiento de agua como son la extracción de los acuíferos del sistema Lerma y del sistema Cutzamala, urgen a pensar en fuentes alternas con la cantidad y la calidad de abastecimiento demandado de agua.

En segundo lugar, un importante riesgo de salud pública es la mala calidad del aire en las ciudades del Edomex, esta situación provoca que nueve de cada diez personas respiren aire contaminado, principalmente por la presencia de partículas suspendidas (material particulado PM 10 y PM 2.5) que, de manera recurrente, llegan a incumplir y rebasar hasta el doble de los límites establecidos en la normatividad vigente (Vilchis, 2019). Lo anterior atenta contra el desarrollo de ciudades prosperas: ciudades sostenibles, seguras, saludables y resilientes (ONU-Hábitat, 2013).

En tercer lugar, las ciudades son complejas fuentes emisoras de calor que actúan como agentes locales modificadores del sistema microclimático. Las ciudades se están calentando, esta dinámica de transición en la variación del tiempo atmosférico puede ser observada con especial atención debido a la presencia de las islas de calor y de precipitación. Ambos fenómenos afectan directamente la disponibilidad de agua, así como la generación de inundaciones, las cuales se interconectan en los contextos económico, social y ambiental.

En este sentido, la isla de calor es un fenómeno nocturno que eleva el estrés térmico urbano, en ciudades de más de un millón de habitantes, en promedio, pueden incrementar la temperatura hasta en 7.0 grados centígrados, con afectaciones a la salud humana y el equipamiento urbano (Jáuregui y Heres, 2008; Martín-Vide, 2017). Por su parte la isla de precipitación afecta el adelanto o retraso del periodo de lluvias, así como su intensidad, generando inundaciones urbanas (Landa et al., 2008). El deterioro inducido por el

incremento de la población, la superficie urbanizada y las actividades económicas en el Edomex, ya refleja un incremento en la temperatura de 0.61 °C y en la precipitación de 92.10 mm por encima del promedio del último medio siglo (Vilchis y Garrocho, 2018).

Reto 5. La gobernanza urbana

Las ciudades y zonas metropolitanas en el Edomex han afrontado, por regla general, problemas que están íntimamente relacionados, de manera desarticulada. Esta situación ha causado territorios asimétricos, difusos y empobrecidos, es decir, ciudades fragmentadas administrativamente, pero entrelazadas funcionalmente en grandes aglomeraciones territoriales. En este sentido, si las ciudades del Edomex no son conducidas con un enfoque de desarrollo sostenible, pueden convertirse en fuentes de serios problemas económicos (e.g. ineficiencia), sociales (e.g. pobreza) y medioambientales (e.g. contaminación), es decir, pueden ser ciudades insostenibles (Garrocho y Sobrino, 2018).

En las ciudades del Edomex se hace más evidente la pobreza, la falta de cohesión social, la exclusión y la violencia. De acuerdo con la medición multidimensional de la pobreza a escala municipal del CONEVAL en 2020, el 59.6% de la población en el Edomex se encuentra en situación de pobreza, es decir, seis de cada diez mexiquenses, presentan carencias sociales y sus ingresos son inferiores al valor de la línea de pobreza (para mayores detalles consultar en <https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Pobreza-municipio-2010-2020.aspx>).

Finalmente, la situación de ineficiencia además del riesgo es clara cuando la misma ciudad es manejada por varios conductores, descoordinados, a veces contrapuestos, entre sí (Garrocho et al., 2013). La toma de decisiones urbanas implica, casi inevitablemente gestiones político-administrativas fragmentadas, por tanto, la articulación de las ciudades debe asumir la formulación de políticas más informadas para guiar el proceso de planeación urbana (Lang y Song, 2018).

4. Discusión

El crecimiento poblacional aunado a la expansión de las ciudades del Edomex ejercen una enorme presión territorial (económica, social y ambiental), fundamentalmente por el desarrollo expansivo, disperso y desordenado de la concentración de población, el mercado inmobiliario, el acceso a bienes, servicios y las actividades económicas, las cuales dan origen a fenómenos urbanos poco sostenibles que cambian la estructura socioespacial de la ciudad, como son la fragmentación y la segregación (Salgado et al., 2016; Garrocho et al., 2013).

Resulta evidente que las ciudades son un engranaje clave de la maquinaria donde se juega el futuro del Edomex, de ahí la importancia de anticipar cambios determinantes, que son apremiantes, complejos, multidimensionales y multiescalares. La prosperidad o colapso de las ciudades dependerá de su capacidad de respuesta, adaptación y prevención a que están expuestas.

En este sentido, los avances en el cumplimiento de la Nueva Agenda Urbana (NAU) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), como se pueden observar en la Revisión Voluntaria del Estado de México 2021 (GEM, 2021), pese a los esfuerzos realizados y las buenas intenciones que se tienen en materia de planeación, siguen sin alcanzarse además de que están lejos de impulsar el logro de ciudades mexiquenses que sean: inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles (disponible para su revisión en: https://unhabitat.org/sites/default/files/2021/09/mexico_state.pdf). Para lograrlo, en primer lugar, se tiene que evitar que los desafíos se agraven, en segundo lugar, se deben aminorar los efectos de estos.

5. Conclusiones

Las ciudades constituyen la expresión multifacética de articulaciones e interconexiones funcionales en espacio-tiempo, características del siglo XXI, que requieren atención junto con soluciones que posean un enfoque sostenible. El comportamiento tendencial de las

ciudades del Edomex perfila escenarios futuros vulnerables que implican desafíos. Es imperativo actuar a la brevedad, con acciones que respondan de manera anticipada para fortalecer la prevención, mitigación y adaptación de las ciudades.

Destacamos importantes funciones que se interconectan entre sí, no de forma aislada, la densidad de construir con la finalidad de tener todo junto no resulta en una proximidad de fácil acceso a recursos, bienes y servicios. Esto agudiza la complejidad de procesos de los gobiernos aunado a su conducción, así como los encadenamientos de sus interconexiones funcionales (De Alba Murrieta y Guerrero, 2017). Lo cual ocasiona interferencias, incoherencias y contradicciones en políticas, metas y objetivos de desarrollo, acentuadas por la desarticulación de competencias administrativas, cuya operatividad y vigencia está determinada por distintos ordenamientos jurídicos federales, estatales y municipales.

No debemos estar desconectados de los problemas que enfrentan las ciudades del Edomex. Es imperativo tomar conciencia del crecimiento urbano intensivo, de la incapacidad de los gobiernos para resolverlo todo, compartir esfuerzos, acciones, y promover el desarrollo económico, social y ambiental, como guía estratégica de acceso de los ciudadanos a las oportunidades de bienestar en la ciudad.

El conocimiento experto es muy poco utilizado en la toma de decisiones, se pasa por alto que en el futuro inmediato las ciudades del Estado de México, se deben plantear estrategias de solución para hacerle frente a algunos de los desafíos urbanos como los que aquí han sido expuestos. Vale la pena preguntarse: ¿cuál es la ciudad deseable en el Edomex?

Los retos urbanos que se exponen en el presente documento están estrechamente relacionados con la dinámica de las ciudades del Estado de México. Si bien no son los únicos a considerarse, si son los que requieren una mayor atención en la actualidad. La formulación de estrategias y políticas públicas deben de ir encaminadas a tratar de reducir los efectos negativos, anticipar cambios o posibilidades que ofrece el futuro de las ciudades mexiquenses, prepararse ante situaciones de crisis, con la finalidad de ofrecer mejores

condiciones de vida a la población, así como mantener un equilibrio entre las ciudades y el medio ambiente, para el máximo beneficio de todos los residentes en entornos urbanos dinámicos en el Edomex.

6. Agradecimientos

SECIHTI-El Colegio Mexiquense A.C.

7. Conflictos de interés

Los autores de esta investigación declaran bajo protesta de decir la verdad que este es un trabajo original y que no existen conflictos de interés.

8. Referencias

- Banco Mundial (2012). Gestión integral de aguas urbanas. World Bank, Washington.
- Batty, M. (2013). The new science of cities. MIT press.
- Bello, G. M. C., Arellano, S. G., y Rosas, L. E. Q. (2017). Las tecnologías de la información y la comunicación en la enseñanza del pensamiento espacial en las ciencias sociales. *Espacialidades*, 7(2), 91-107.
- Cohen, M. P. (2018). El futuro de las principales zonas metropolitanas. *El futuro de México al 2035*, 61-105.
- CONAPO. (2019). Proyecciones de la Población de los Municipios de México, 2015–2030.
- De Alba Murrieta, F., & Guerrero, N. H. (2017). La megalópolis como el mundo de los procesos en desborde. *Felipe de Alba (Coordinador), Las paradojas de la megalópolis. Un debate actual a distintas voces, México: CESOP.*
- Fondo Monetario Internacional (FMI). (2017). Informe Anual del Fondo Monetario Internacional. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/ar/2017/eng/assets/languages/IMF-AR17-Spanish.pdf>

Garrocho, C., y Campos, J. (2015). Segregación socioespacial de la población mayor en la Ciudad de México, 2000-2010. La dimensión desconocida del envejecimiento. El Colegio Mexiquense A.C.

Garrocho, C., Álvarez, J. A., y Chávez, T. (2013). Calculating intraurban agglomeration of economic units with planar and network K-functions: A comparative analysis. *Urban Geography*, 34(2), 261-286.

Giorguli, S., y Sobrino, J. (2022). Dinámica demográfica de México en el siglo XXI.: Tomo I (Vol. 1). El Colegio de México AC.

Gobierno del Estado de México (GEM), 2021. Revisión voluntaria: Estado de México. Avance en el cumplimiento de la Agenda 2030. Disponible en: https://www.economia.gob.mx/secna2030/infvol/Locales/Estatales/ILV_EDOMEX_2021.pdf

Güell, J. M. F. (2015). Ciudades inteligentes: la mitificación de las nuevas tecnologías como respuesta a los retos de las ciudades contemporáneas. *Economía industrial*, (395), 17-28.

IMCO (2020). Medición de actividad económica con grandes datos, México. Disponible en: https://imco.org.mx/wp-content/uploads/2020/11/20201105_MAGDA_Presentacion.pdf
Consultado el 2 de febrero de 2023.

INEGI. (2020). Censo de Población y Vivienda 2020. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI. (2024). Marco Geoestadístico 2024. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Jáuregui Ostos, E., y Heres Pulido, M. E. (2008). El clima/bioclima de un parque periurbano de la Ciudad de México. *Investigaciones geográficas*, (67), 101-112.

Landa, R., Magaña, V., y Neri, C. (2008). Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático. Semarnat.

- Lee, J., y Wong, D. W. (2001). Statistical analysis with ArcView GIS. John Wiley y Sons.
- Li, X., Zhou, W., y Ouyang, Z. (2013). Forty years of urban expansion in Beijing: What is the relative importance of physical, socioeconomic, and neighborhood factors? *Applied Geography*, 38, 1-10.
- Luiselli Fernández, C. (2019). Los desafíos del México urbano. *Economía UNAM*, 16(46), 183-195.
- Martín-Vide, J. (2017). Cambio climático y modificación local del clima en Barcelona. *L'aigua i l'espai públic. Anàlisi dels efectes del canvi climàtic*, 21-32.
- ONU. (2013). *World Population Prospect: The 2012 Revision, Highlights and Advance Tables*. New York
- ONU-Habitat. (2013). *State of the world's cities 2012/2013: Prosperity of cities*. Routledge.
- ONU-Habitat. (2016). *Urbanization and Development. Emerging Future. World Cities Report*; UN Habitat: Nairobi, Kenya. <https://unhabitat.org/world-cities-report-2016>
- ONU-Hábitat. (2017). *Tendencias del Desarrollo Urbano en México*. <https://onuhabitat.org.mx/index.php/tendencias-del-desarrollo-urbano-en-mexico>
- ONU-Habitat. (2022). *Reporte Mundial de las Ciudades. Visualizando el futuro de las ciudades*. <https://unhabitat.org/wcr/>
- Salgado, R., Jiménez, P., y Calderón, J. (2016). Expansión urbana mediante la fragmentación y segregación habitacional en la Zona Metropolitana de Toluca. En: Santana Juárez, M.V.; Hoyos Castillo, G., Santana Castañeda, G.; Pineda Jaimes, N.B. y Campos Alanís, H. *Desafíos de las metrópolis: Efectos ambientales y sociales. Tendencias geográficas II*. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México, 2016. p 193-210.
- SEDATU-CONAPO-INEGI (2020). *Metrópolis de México 2020*. Ciudad de México, México: Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, Consejo Nacional de Población, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 188 p.

Shlomo, A. (2012). *Planet of cities*. Cambridge, Mass: *Lincoln Institute of Land Policy*.

Sobrino, J., Garrocho, C., Graizbord, B., Paz, C. B., y Aguilar, A. G. (2015). *Sustainable cities: A conceptual and operational proposal*. United Nations Population Fund.

Treviño Cantú, J. A. (2011). Gobernanza en la administración pública. Revisión teórica y propuesta conceptual. *Contaduría y administración*, (233), 127-153.

Vilchis Mata, I. (2019). Evaluación de tradeoffs entre servicios ecosistémicos urbanos a escala megalopolitana. *Economía, sociedad y territorio*, 19(61), 339-371.

Vilchis Mata, I., y Garrocho Rangel, C. F. (2018). Comportamiento termopluviométrico en la zona metropolitana de Toluca: el deterioro ambiental de las ciudades. *Sociedad y ambiente*, (18), 145-173.

Vilchis Mata, I., Garrocho Rangel, C. F., y Díaz Delgado, C. (2018). Modelo dinámico adaptativo para la toma de decisiones sostenibles en el ciclo hidrosocial urbano en México. *Revista de Geografía Norte Grande*, (71), 59-90.

Gestión territorial a escala local

Territorial Management at the Local Scale

Gastón Andrés Gaete Coddou^{1*} y Pedro Alejandro Olguín Ortega²

¹ Facultad de Ciencias Naturales y Exactas de la Universidad de Playa Ancha, Leopoldo Carvallo 270, cerro Playa Ancha, Valparaíso, V Región de Valparaíso, Chile, ggaete@upla.cl

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8735-989X>

² Escuela Agrícola de San Felipe, Tocornal 2450, San Felipe, V Región de Valparaíso Liceo Bicentenario Técnico Profesional Pedro Aguirre Cerda, Avenida Calle Larga 1950, Calle Larga, V Región de Valparaíso, p.alejandroolguin@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4149-9105>

*Autor de correspondencia

Recibido: 05/04/2025. Aceptado: 07/05/2025. Publicado: 08/07/2025.

Cómo citar: Gaete Coddou, G.A. & Olguín Ortega, P.A. (2025). Gestión territorial a escala local. *Geografía Aplicada*, 1(2), 61-84.

Resumen

La gestión territorial se configura como un proceso dinámico y multidimensional que articula sistémicamente el territorio, la comunidad y los recursos, trascendiendo la mera delimitación geográfica para constituirse como un constructo social complejo.

El estudio desarrolla una investigación cualitativa de carácter descriptivo-explicativo, situada en el paradigma constructivista, que analiza la gestión territorial como herramienta de transformación social en contextos locales.

La investigación destaca la importancia de la participación ciudadana como elemento vertebrador, transitando de modelos verticales a esquemas horizontales de intervención. Se propone un modelo que reconoce la diversidad de intereses y construye espacios de diálogo democrático, donde las comunidades se configuran como actores protagónicos de su propio desarrollo.

La metodología hermenéutico-dialéctica permite comprender cómo los territorios son productos históricos de relaciones de poder, en los cuales la escala local condensa potencialidades transformativas.

El objetivo central radica en comprender cómo la gestión territorial puede catalizar procesos endógenos de cambio, reduciendo asimetrías socioespaciales y fortaleciendo la gobernanza democrática en contextos caracterizados por su heterogeneidad y complejidad.

Palabras clave: Gestión, territorio, comunidad.

Abstract

Territorial management is configured as a dynamic and multidimensional process that systemically articulates territory, community, and resources, transcending mere geographic delimitation to become a complex social construct.

This study develops a qualitative, descriptive-explanatory investigation situated within the constructivist paradigm, analyzing territorial management as a tool for social transformation in local contexts.

The research highlights the importance of citizen participation as a core element, shifting from vertical models to horizontal intervention schemes. A model is proposed that recognizes diverse interests and constructs spaces for democratic dialogue, where communities are configured as key actors in their own development.

The hermeneutic-dialectical methodology enables an understanding of how territories are historical products of power relations, in which the local scale concentrates transformative potential.

The central objective is to understand how territorial management can catalyze endogenous processes of change, reducing socio-spatial asymmetries and strengthening democratic governance in contexts characterized by heterogeneity and complexity.

Keywords: Management, territory, community.

1. Introducción

El objeto de estudio de esta investigación es la gestión territorial, que, en sí, constituye un proceso dinámico y multidimensional que articula sistémicamente tres dimensiones fundamentales interrelacionadas: territorio, comunidad y recursos, relación que se expresa en el siguiente representativo (Figura 1).

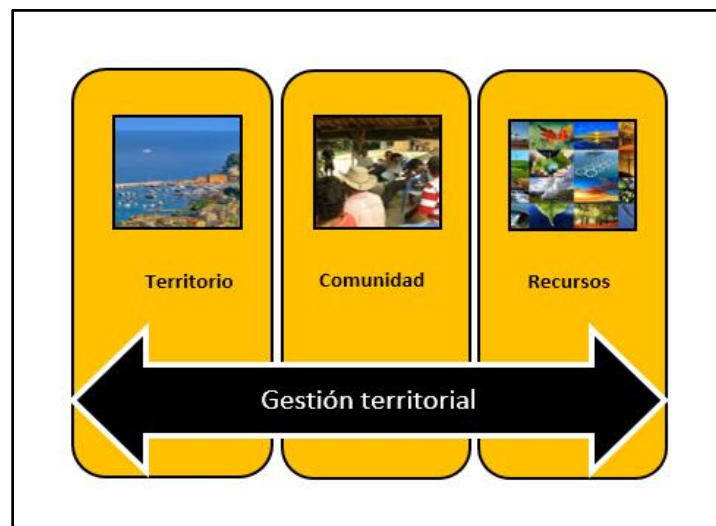


Figura 1. Dimensiones a considerar en la gestión.

Fuente: Gaete y Olguín (2024).

De esta triada, el territorio, no es simplemente una superficie geográfica con determinadas características naturales, sino un espacio apropiado y valorizado simbólicamente

instrumentalmente por los grupos humanos (Raffestin, 2020). Asimismo, el territorio, como categoría de análisis, trasciende de la mera delimitación político - administrativa para configurarse como un constructo social y, tal es así, que el territorio, es una cimentación social que refleja las relaciones de poder entre los actores que lo habitan, lo transforman y lo gestionan mediante prácticas sociales y culturales específicas (Sosa Velásquez, 2012).

Mientras la perspectiva comunitaria constituye un elemento vertebrador de la gestión territorial, ya que articula las relaciones sociales y las estructuras organizativas que sostienen la vida colectiva; visto así, la comunidad, representa no solo un espacio físico, sino un conjunto de relaciones sociales que configuran un sistema de convivencia donde se establecen vínculos de pertenencia, intercambio y reciprocidad (Marchioni, 2014).

Acerca de la participación ciudadana, esta acción emerge como elemento vertebrador de los procesos de gestión territorial, transformando la tradicional relación vertical entre administradores y administrados en un diálogo horizontal que reconoce a las comunidades como agentes activos en la construcción de su propio desarrollo. La participación comunitaria, no debe ser concebida como un mero instrumento, sino, como un derecho fundamental y una condición necesaria para la construcción de territorios más democráticos y sostenibles (Borja, 2023). La participación sustantiva, posibilita la incorporación del conocimiento ancestral en la identificación de problemáticas, la priorización de necesidades y la formulación de alternativas de solución culturalmente pertinentes y socialmente legitimadas, demandando plataformas institucionales y metodológicas que faciliten el diálogo multisectorial y la construcción de consensos.

Súmese a lo anterior, que, la participación ciudadana, emerge como un elemento central en los procesos de gestión territorial, especialmente en la resolución de conflictos y la satisfacción de necesidades sociales. En consecuencia, la gestión territorial, requiere de mecanismos que aseguren la participación efectiva de las comunidades en los procesos de toma de decisiones, transformándolas de receptores pasivos a actores protagónicos del

desarrollo (Romero y Vázquez, 2020). Esta figuración participativa, reconoce el protagonismo de las comunidades en la configuración de su propio desarrollo.

A su vez, la dimensión de los recursos territoriales, constituyen el capital disponible sobre el cual las comunidades pueden construir procesos de desarrollo local adaptados a sus necesidades y potencialidades específicas (Farinós, 2018).

Por último, el objetivo de esta investigación es analizar cómo la gestión territorial puede catalizar procesos de transformación social endógena en contextos locales, reduciendo asimetrías de poder y redefiniendo relaciones entre Estado, mercado y comunidades. La comprensión de la gestión territorial, como instrumento de transformación social en entornos locales, adquiere una dimensión fundamental en el paradigma contemporáneo del desarrollo sostenible, donde, la articulación entre las políticas públicas, la participación ciudadana y la planificación espacial constituye un eje vertebrador para la modificación de las estructuras socioeconómicas preexistentes. Este objetivo, trasciende la simple administración geográfica para posicionarse como un proceso multidimensional que entrelaza aspectos políticos, económicos, culturales y ambientales, permitiendo a las comunidades locales ejercer mayor control sobre sus recursos y redefinir las relaciones de poder que históricamente han determinado la configuración del espacio y sus dinámicas sociales.

La relevancia de este enfoque radica en su potencial para catalizar procesos endógenos de cambio que, fundamentados en las particularidades territoriales y el conocimiento situado, pueden contribuir significativamente a la reducción de asimetrías socioespaciales y al fortalecimiento de la gobernanza democrática en contextos caracterizados por la heterogeneidad y la complejidad.

2. Marco teórico

La gestión territorial a nivel local implica la planificación y administración de recursos naturales, económicos y sociales para promover un desarrollo sostenible. La eficacia de las

políticas territoriales depende de la capacidad de los actores locales para articular recursos escasos con las demandas de la población (Torres, 2018). En este sentido, la descentralización de la gestión permite una mayor adaptación a las particularidades del territorio, pero también exige mecanismos de coordinación interinstitucional (Albuquerque, 2016). En consonancia con lo indicado, la disponibilidad de recursos financieros y técnicos condiciona la implementación de estrategias de desarrollo local (Pirez, 2020).

Por otro lado, la participación ciudadana, emerge como un recurso intangible clave en la gestión territorial. La inclusión de actores locales en la toma de decisiones no solo legitima las políticas, sino que también optimiza el uso de los recursos disponibles (Subirats, 2019). Diversos estudios demuestran que los territorios con altos niveles de capital social tienden a generar innovaciones institucionales que mejoran la eficiencia en la gestión (Boiser, 2017). Sin embargo, la falta de capacidades técnicas en los gobiernos locales puede limitar el aprovechamiento de estos recursos intangibles, generando asimetrías en el desarrollo territorial (Vargas, 2021)

Finalmente, la sostenibilidad de los recursos naturales se ha convertido en un eje central de la gestión territorial local. La sobreexplotación de recursos sin planificación conlleva a conflictos socioambientales que obstaculizan el desarrollo equilibrado (Folchi, 2019). Por lo que, la articulación entre recursos naturales, gobernanza local y políticas públicas es fundamental para garantizar la cohesión territorial a largo plazo (Rojas, 2020).

De la interacción entre estas variables, se conjugan visiones que se pueden concebir como paisajes que, en atención a su tipología van a concebir una estructura específica en la cual las perspectivas de necesidades sociales serán distintas y, de allí, surge la aprehensión que si la gestión tiene la misma operativa o no respecto de la tratativa en el fomento de búsqueda de opciones de solución para responder a los déficits o carencias propias de los conciertos comunitarios presentes en el territorio vivencial.

Concebido y aceptado el entendimiento de las partes planteadas y que integran una perspectiva que incumbe a una situación socioterritorial concreta surge la interrogante en cómo poder combinar estos aspectos para orientar conjugaciones en que la participación de los habitantes con las autoridades, líderes u otros afín que esta proposición asociativa tenga una matriz de acciones y actitudes que establezcan un proceso cuyas fases sean proclives al entendimiento de las partes involucradas y generen, con ello, un espacio de confianzas para hacer un guion en que el ambiente sea convergente y propositivo, respecto de las solicitudes y pretensiones colectivas respecto de su mejora del entorno en que coexisten habitualmente.

En un mundo marcado por crisis superpuestas —cambio climático, desigualdad espacial y conflictos socioambientales—, la gestión territorial, ha dejado de ser un tema técnico-administrativo para convertirse en un campo de disputa política y epistemológica (Harvey, 2005; Santos, 2000). En atención a lo indicado, el 75% de las ciudades latinoamericanas presentan patrones de segregación territorial que profundizan la exclusión (CEPAL, 2023), mientras que, para 2030, el 60% de los conflictos globales tendrán raíces en la competencia por recursos escasos que el (Banco Mundial, 2022). Este escenario exige repensar la gestión territorial desde enfoques que integren justicia espacial, participación radical y sostenibilidad multidimensional (Fraser, 2008; Ostrom, 2009).

Ante este escenario multiescalar, la gestión territorial, como herramienta para la resolución de conflictos, implica el reconocimiento de la diversidad de intereses y la construcción de espacios de diálogo. Sobre este punto, la gestión territorial, como medio de resolución de disyuntivas supone el reconocimiento de la diversidad de intereses y la construcción de espacios de diálogo donde las diferencias puedan ser tramitadas democráticamente (Bustos Cara, 2016). Esta aproximación dialógica, resulta fundamental para la construcción de consensos y la articulación de respuestas colectivas a los desafíos territoriales.

Acerca de la implementación de estrategias de gestión territorial, se debe indicar, que requiere la transformación de los modelos tradicionales de intervención y, en relación a

estos, reseñaron que la reingeniería social en el contexto de la gestión territorial implica repensar las estructuras tradicionales de intervención para generar modelos más horizontales y colaborativos que reconozcan la complejidad de los problemas sociales contemporáneos (Blanco y Subirats, 2017).

Ahora bien y en consonancia con la temática de esta investigación, es evidente definir lo que significa el concepto de local, considerando para estos efectos, que este término hace referencia a una escala territorial asociada a un área muy específica, frecuentemente de tipo geográfica, resaltando que es parte (lo local) de un todo que la contiene (p/e un distrito o una unidad vecinal en relación con la comuna en la que está localizado/a). Lo local, representa una dimensión específica de lo social, donde los actores pueden desarrollar estrategias propias en un contexto de mayor proximidad y donde las interacciones adquieren características diferenciadas (Arocena, 2013).

En relación con las partes integrantes circunscritas en un polígono local, es debe hallar una diversidad de estas, las cuales, al integrarse dan una especificidad o perfil del micro territorio. Asimismo, hay que relacionar que dentro de estas áreas hay espacios locales, concepto que alude a lugares donde habita y coexisten personas las que en sus relaciones socio territoriales construyen y armonizan formas distintas de vínculos, tejido social y de organización de la vida comunitaria perfilando distingos que, en definitiva, modelan identidades, pertenencias y arraigos específicos que trascienden del conjunto y, por lo mismo, son específicos y configuran una mixtura de realidades cada una con sus propios argumentos (culturales, accesibilidad, servicios, salud, espacios lúdicos, entre otros aspectos) y, que, dependiendo de las posibilidades de acceso a los mismos, originan problemáticas específicas o coincidentes - aunque con las debidas particularidades propias de cada caso - con las que estén ocurriendo en otros contextos locales aledaños o externos.

Así pues, la especificidad, centrará a un tipo de gestión que esté direccionada a la búsqueda de respuestas que pueden ser aspiracionales, o, cuando estas no han sido atendidas debidamente, derivan en demandas. En este entender, la presencia de una comunidad

organizada con líderes y/o actores relevantes del territorio demuestra la capacidad asociativa de una población y, es en sí, una contraparte indispensable para llevar adelante un proceso de gestión territorial que en su esencia es la plataforma de participación cívica en la que se decide por la propia orgánica vecinal hacia donde se desea ir y de que se pretende ser y hacer con las orientaciones que nacen del seno grupal, diseñando de esta manera modelos de desarrollo autogestionados que son argumentos de base en toda orgánica de planificación y ordenamiento territorial consensuado entre los equipos técnicos, políticos y comunarios; situación que promoverá con una agenda establecida ir cumpliendo diversas etapas de acercamiento, discusión y metas comunes entre las necesidades y las posibilidades (administrativas, financieras, profesionales, logísticas, etc.) de resolverlas temporal y espacialmente, todo ello, dentro de una articulación que propicie un ambiente favorable para el cumplimiento de los objetivos trazados y consolidar una cierta equiparidad de acceso de la ciudadanía a los componentes y oportunidades territoriales, afincado de esta manera, una mayor equidad territorial en la provisión de la oferta pública o privada propia de los conciertos territoriales en que se localizan.

Acerca de lo indicado, la gestión territorial local, requiere de mecanismos que aseguren la participación efectiva de las comunidades en los procesos de toma de decisiones, transformándolas de receptores pasivos a actores protagónicos del desarrollo (Romero y Vázquez, 2020).

Lo referenciado, se presenta en el siguiente figurativo que hace una secuencia para la resolución de necesidades sociales a través de la gestión territorial.

En relación con la figura 2, hay que indicar que la gestión territorial, es un enfoque utilizado para abordar y resolver conflictos en una comunidad. Lo expresado, implica la planificación, organización y coordinación de acciones para promover el desarrollo sostenible y equitativo de un territorio determinado. En este concierto, la solución de conflictos se convierte en una parte integral de la gestión territorial, ya que busca abordar las divergencias y tensiones existentes entre diferentes actores y grupos de interés dentro de la comunidad.

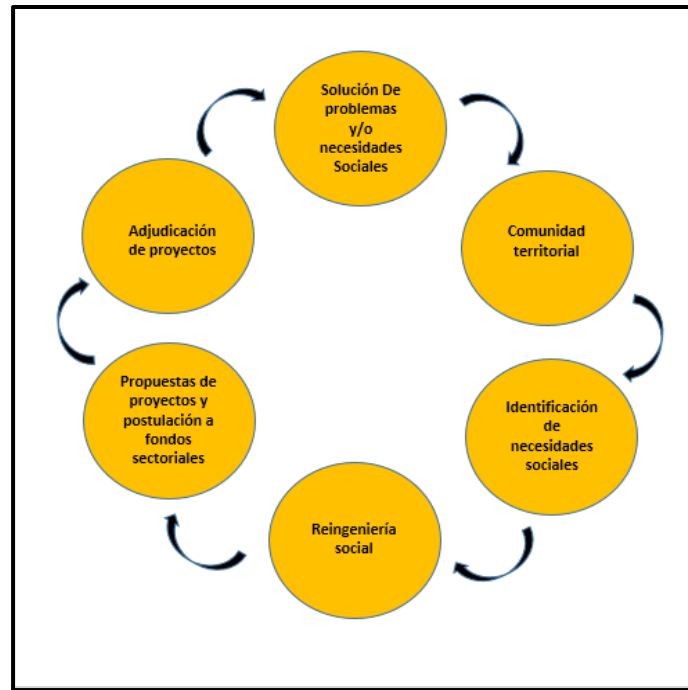


Figura 2. Secuencia de solución de conflictos o demandas a escala local por medio de la gestión territorial.

Fuente: Gaete y Olguín. 2024.

Atendiendo a lo argumentado, la gestión territorial como herramienta de resolución de conflictos, supone el reconocimiento de la diversidad de intereses y la construcción de espacios de diálogo donde las diferencias puedan ser tramitadas democráticamente (Bustos Cara, 2016).

La identificación de necesidades sociales es un paso crucial en la solución de conflictos a través de la gestión territorial. Implica la recolección de información y el análisis de las necesidades y demandas de la comunidad en términos de servicios básicos, infraestructura, educación, salud, empleo, entre otros aspectos. Esta identificación, permite comprender las problemáticas y los desafíos que enfrenta la comunidad, y establecer prioridades para la acción.

Resulta interesante a estos elementos en análisis adjuntar lo referente a la reingeniería social, que es un concepto que concibe la transformación de los sistemas y procesos sociales existentes para mejorar la calidad de vida de una comunidad. En el contexto de la gestión territorial, la reingeniería social, puede conllevar cambios en las políticas, programas y prácticas sociales para abordar los conflictos y satisfacer las necesidades identificadas.

La reingeniería social, puede incluir la creación de nuevas instituciones, la reorganización de recursos y la promoción de la participación ciudadana en la toma de decisiones y tal es así que la reingeniería social en el contexto de la gestión territorial implica repensar las estructuras tradicionales de intervención para generar modelos más horizontales y colaborativos que reconozcan la complejidad de los problemas sociales contemporáneos (Blanco y Subirats, 2017).

Una vez identificadas las necesidades y definidas las estrategias de reingeniería social, se pueden diseñar proyectos específicos que aborden esas necesidades. Estos proyectos pueden estar relacionados con la infraestructura, el desarrollo económico, la educación, la salud u otras áreas relevantes.

3. Metodología

Tipo de investigación

La presente investigación, se enmarca en un enfoque cualitativo de tipo descriptivo - explicativo, fundamentado en la perspectiva de análisis territorial integrado. Este enfoque, permite examinar la interrelación entre los componentes esenciales del territorio: comunidad, recursos y dinámicas territoriales, buscando comprender los procesos de gestión a nivel local de manera holística. Cabe advertir, que la investigación cualitativa se enfoca en comprender los fenómenos, explorándolos desde la perspectiva de los participantes en un ambiente natural y en relación con su contexto (Hernández - Sampieri et al, 2018).

En atención al carácter descriptivo - explicativo de este estudio, esta condición, se fundamenta en la necesidad de caracterizar los procesos de gestión territorial en su contexto real, identificando las variables que inciden en su desarrollo y efectividad. La descripción preparada por el investigador cualitativo debe permitir al lector fundamental extraer sus propias conclusiones y generalizaciones a partir de los datos (Martínez Miguélez, 2016).

El estudio en desarrollo también incorporó elementos explicativos los que, buscan establecer las causas de los fenómenos estudiados, identificando el porqué de las relaciones entre variables y permitiendo avanzar en la comprensión de los procesos complejos (Flick, 2015).

Modelo de investigación

Acerca de este tópico, este se sitúa en el paradigma constructivista, reconociendo que la realidad territorial es socialmente construida y que los significados emergen a partir de la interacción entre los actores sociales. Complementando lo indicado, El paradigma constructivista asume que las realidades son comprensibles en forma de construcciones mentales múltiples e intangibles, basadas en la experiencia social, de naturaleza local y específica, y dependientes en su forma y contenido de las personas que las mantienen (Guba y Lincoln, 2012).

Método científico empleado

En este contexto, el método empleado corresponde al método hermenéutico - dialéctico, complementado con elementos del método de análisis territorial sistémico. Cabe resaltar que el método hermenéutico-dialéctico, no se limita a ser un método de las ciencias humanas, sino que se refiere a una dimensión fundamental de toda comprensión humana (Gadamer, 2017). Complementado lo anterior, la comprensión hermenéutica, implica una dialéctica entre explicación y comprensión, donde, la explicación desarrolla analíticamente

la comprensión y la comprensión envuelve a la explicación en un proceso de apropiación (Ricoeur, 2010).

Fuentes y técnicas de recolección de información

Este trabajo de investigación se sustenta en un corpus diversificado de fuentes bibliográficas y documentales, seleccionadas mediante criterios de relevancia temática, actualidad y rigor científico.

Las fuentes utilizadas fueron las de tipo secundaria, las que facilitan la contextualización teórica y conceptual de la investigación, situándola en el marco del conocimiento científico acumulado sobre el tema (Alonso – Arévalo, 2019).

Las técnicas de recolección de información empleadas.

En este ámbito, incluyen: Revisión documental sistemática, que permite sintetizar resultados de investigaciones previas de manera objetiva y reproducible (Fink, 2020).

Análisis de contenido, que es una técnica de investigación destinada a formular, a partir de ciertos datos, inferencias reproducibles y válidas que puedan aplicarse a su contexto (Krippendorff, 2019).

4. Resultados

Fundamentos conceptuales de la gestión territorial

La gestión territorial, se presenta como un proceso dinámico y complejo que articula diversos actores, recursos y actividades con el objetivo de materializar propuestas contenidas en los instrumentos de ordenamiento territorial. Este proceso, no ocurre en el vacío, sino que requiere considerar tres elementos fundamentales previos a su aplicación:

El territorio, entendido como una construcción social que refleja relaciones de poder entre los actores que lo habitan y transforman, limitado por jurisdicciones político-administrativas, naturales o culturales.

La comunidad, conceptualizada como una agrupación de personas que cohabitan permanentemente un territorio y se vinculan por sentimientos, intereses y actividades comunes que configuran un sistema de convivencia con vínculos de pertenencia.

Los recursos, definidos como componentes territoriales que, por sus características naturales o culturales, pueden ser utilizados para obtener bienes y servicios que satisfagan necesidades sociales específicas.

La importancia de la escala local

Este artículo, enfatiza la relevancia de lo local como una dimensión específica donde los actores pueden desarrollar estrategias propias en un contexto de proximidad. Esta escala territorial se asocia a áreas específicas, frecuentemente geográficas, que forman parte de un todo que las contiene (como p/e un distrito o unidad vecinal dentro de una comuna).

La especificidad de cada espacio local genera: identidades, pertenencias y arraigos particulares que trascienden del conjunto, configurando una diversidad de realidades con sus propios argumentos culturales, de accesibilidad, servicios, salud y espacios lúdicos, entre otros aspectos.

El proceso de gestión territorial para la resolución de conflictos

El ideario de esta investigación, presenta un proceso secuencial para abordar conflictos o demandas a escala local mediante la gestión territorial:

Identificación de necesidades sociales: Recolección de información y análisis de las demandas comunitarias en términos de servicios básicos, infraestructura, educación, salud y empleo, permitiendo establecer prioridades para la acción.

Reingeniería social: Transformación de los sistemas y procesos sociales existentes mediante cambios en políticas, programas y prácticas para satisfacer las necesidades identificadas, incluyendo la creación de nuevas instituciones y la reorganización de recursos.

Propuesta de proyectos y postulación a fondos concursables: Diseño de proyectos específicos que aborden las necesidades identificadas, relacionados con infraestructura, desarrollo económico, educación, salud u otras áreas relevantes.

El rol de la participación comunitaria

Un aspecto transcendental que emerge del presente trabajo es la importancia de la presencia de una comunidad organizada con líderes y actores relevantes del territorio. Esta organización demuestra la capacidad asociativa de una población y constituye una contraparte indispensable para el proceso de gestión territorial.

La participación cívica, se convierte en la plataforma donde la propia orgánica vecinal decide hacia dónde desea ir y qué pretende ser y hacer, diseñando modelos de desarrollo auto gestionados que sirven como base para la planificación y el ordenamiento territorial consensuado entre equipos técnicos, políticos y comunitarios.

Hacia una mayor equidad territorial

La investigación en cuestión, sugiere que el objetivo último de la gestión territorial a escala local es consolidar una mayor equidad en el acceso ciudadano a los componentes y oportunidades territoriales. Esto implica, establecer una agenda que permita ir cumpliendo diversas etapas de acercamiento, discusión y metas comunes entre las necesidades y las posibilidades de resolverlas, dentro de una articulación que propicie un ambiente favorable para el cumplimiento de los objetivos trazados.

La transformación del rol comunitario

Un aspecto significativo es el cambio de paradigma en cuanto al rol de las comunidades, pasando de ser receptores pasivos a actores protagónicos del desarrollo. Esto requiere mecanismos que aseguren su participación efectiva en los procesos de toma de decisiones.

Implicaciones para la práctica de la gestión territorial

El reconocimiento de la diversidad de intereses y la construcción de espacios de diálogo donde las diferencias puedan ser tramitadas democráticamente, se presentan como elementos clave para una gestión territorial efectiva que resuelva conflictos. Esto implica repensar las estructuras tradicionales de intervención para generar modelos más horizontales y colaborativos que reconozcan la complejidad de los problemas sociales contemporáneos.

5. Discusión

La gestión territorial, se presenta como un paradigma complejo que trasciende los enfoques tradicionales de planificación espacial, incorporando dimensiones múltiples de interacción social, política y territorial. Cabe señalar que la gestión territorial representa un proceso de construcción social multiescalar que contribuye a la capacidad de agencia de los actores locales (Boisier, 2023), lo cual, se corrobora plenamente en los hallazgos del documento analizado.

La conceptualización del territorio como construcción social indica que los espacios geográficos son productos históricos de relaciones de poder, donde las dinámicas de inclusión y exclusión configuran morfologías territoriales específicas de (Harvey, 2022). Esta perspectiva, dialoga directamente con la comprensión del territorio presentada en el documento, que lo define más allá de límites físicos, como un entramado de relaciones e interacciones complejas.

En referencia a la centralidad de la escala local, hay que indicar que lo local no es un fragmento, sino un sistema de relaciones que condensan la potencialidad transformadora de los territorios (Magnaghi, 2021). Esta conceptualización, amplía la mirada reduccionista que tradicionalmente ha fragmentado los análisis territoriales, proponiendo una comprensión integral y relacional.

El proceso de gestión territorial para la resolución de conflictos descrito, revela que la participación comunitaria no es un complemento, sino la condición indispensable de los

procesos de transformación territorial (Borja, 2024). La secuencia metodológica propuesta - identificación de necesidades, reingeniería social y diseño de proyectos - representa un modelo de intervención que supera la tradicional planificación vertical.

En consideración a la transformación del rol comunitario, desde receptores pasivos hacia actores protagónicos, el desarrollo de esta proposición debe entenderse como un proceso de expansión de las libertades reales de los individuos para configurar su propio destino. Este enfoque, reposiciona a las comunidades como sujetos centrales de los procesos de gestión territorial.

Se agrega a lo indicado, la complejidad inherente a los procesos territoriales, reconociendo la multiplicidad de actores, intereses y dinámicas, lo conduce a pensar que el espacio es un producto social, resultado de las múltiples interacciones entre lo político, lo económico y lo cultural (Lefebvre, 2021).

Entretanto, la búsqueda de equidad territorial se configura como un horizonte ético-político fundamental, concierto en que la justicia espacial implica redistribuir no solo recursos, sino también reconocimiento y representación (Fraser, 2023), lo que, en sí, amplía la comprensión tradicional de la equidad más allá de lo meramente distributivo.

Finalmente, esta investigación, propone un modelo de gestión territorial que supera los enfoques instrumentales, posicionándose como una práctica social transformadora que reconoce la diversidad, promueve el diálogo democrático y genera condiciones para el desarrollo integral de los territorios y sus comunidades.

6. Conclusiones

La gestión territorial emerge como un constructo teórico-metodológico complejo que trasciende la tradicional concepción administrativo-espacial, configurándose como un proceso dinámico de interacción multidimensional entre territorio, comunidad y recursos. Este enfoque redefine la comprensión de los espacios geográficos, no como meras delimitaciones físicas, sino como entramados sociales donde se dirimen relaciones de

poder, significaciones simbólicas e instrumentales que configuran realidades socio-territoriales específicas.

El territorio, concebido como una construcción social, representa un escenario donde confluyen múltiples actores, prácticas culturales e intereses diferenciados. Su análisis supera los límites político-administrativos tradicionales, posicionándose como un espacio de disputa y transformación continua, donde, las comunidades despliegan estrategias de apropiación, valorización y resignificación permanente de sus entornos materiales e intangibles.

La participación ciudadana se constituye como un elemento medular en los procesos de gestión territorial, transitando desde un modelo vertical de intervención hacia un paradigma horizontal de co-construcción democrática. Este giro epistemológico, transforma a las comunidades como agentes protagónicos, superando su histórica condición de receptores pasivos y reconociendo su capacidad de agencia en la configuración de sus propios procesos de desarrollo local.

La escala local, en tanto, adquiere una relevancia fundamental como espacio de proximidad donde se materializan las interacciones socio-territoriales más inmediatas. Lejos de ser un simple fragmento territorial, representa un sistema complejo de relaciones que condensa potencialidades transformadoras, generando identidades, pertenencias y dinámicas organizativas particulares que dan especificidad a cada contexto comunitario.

Los recursos territoriales, se configuran como capitales intangibles y tangibles sobre los cuales las comunidades construyen estrategias de desarrollo adaptadas a sus necesidades específicas. Su gestión implica una comprensión integral que articula dimensiones naturales, económicas, sociales y culturales, superando visiones reduccionistas que fragmentan la comprensión de los procesos de transformación territorial.

En tanto, la resolución de conflictos emerge como una dimensión central de la gestión territorial, requiriendo mecanismos que reconozcan la diversidad de intereses y construyan

espacios de diálogo democrático. Esta perspectiva implica repensar las estructuras tradicionales de intervención, generando modelos más horizontales, colaborativos y sensibles a la complejidad de los problemas sociales contemporáneos.

Por su parte, la reingeniería social, se presenta como una herramienta metodológica que permite transformar sistemas y procesos sociales existentes, promoviendo cambios en políticas, programas y prácticas. Su implementación busca generar respuestas integrales que aborden las necesidades comunitarias desde una perspectiva multidimensional y participativa.

El objetivo último de la gestión territorial radica en consolidar una mayor equidad territorial, entendida no solo como distribución de recursos, sino como reconocimiento de las diferencias, redistribución de oportunidades y generación de condiciones para el desarrollo integral de los territorios y sus comunidades.

La investigación, asimismo, revela que la gestión territorial trasciende su dimensión técnico-administrativa, configurándose como un campo de disputa política y epistemológica donde se dirimen modelos de desarrollo, relaciones de poder y estrategias de transformación social. Sobre este particular, se posiciona como una práctica social que problematiza las estructuras socioeconómicas preexistentes.

La comprensión multidimensional de la gestión territorial implica reconocer la interseccionalidad de sus componentes, articulando aspectos políticos, económicos, culturales y ambientales. Este punto de vista, permite a las comunidades locales ejercer mayor control sobre sus recursos y redefinir históricas configuraciones espaciales de dominación. La relevancia de este enfoque radica en su potencial para catalizar procesos endógenos de cambio, fundamentados en particularidades territoriales y conocimientos situados. Contribuye significativamente a la reducción de asimetrías socioespaciales y al fortalecimiento de la gobernanza democrática en contextos caracterizados por la heterogeneidad y complejidad.

El paradigma constructivista subyacente, reconoce que la realidad territorial es socialmente construida, emergiendo significados a partir de la interacción entre actores sociales. Esta visión, permite comprender los territorios como construcciones mentales múltiples, dependientes de las experiencias y narrativas de quienes los habitan.

La metodología hermenéutico-dialéctica empleada en la presente investigación, posibilita una comprensión profunda de los fenómenos territoriales, superando la mera descripción para adentrarse en la explicación de los procesos sociales subyacentes. Implica una dialéctica entre explicación y comprensión que enriquece la interpretación de las dinámicas territoriales.

Finalmente, la gestión territorial se configura como un horizonte ético-político que trasciende la simple administración espacial, posicionándose como una práctica social transformadora. Promueve el reconocimiento de la diversidad, genera condiciones para el diálogo democrático y contribuye a la construcción de territorios más justos, inclusivos y sostenibles.

7. Conflictos de interés

Los autores de esta investigación declaran bajo protesta de decir la verdad que este es un trabajo original y que no existen conflictos de interés.

8. Referencias

Albornoz, M., Estébanez, M. E., & Alfaraz, C. (2019). Alcances y limitaciones de la evaluación de impacto social en proyectos de desarrollo territorial. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 14(40), 71-92.

Albornoz, P., Rodríguez, M., Sánchez, A., & Torres, J. (2019). Adjudicación de proyectos territoriales: Criterios de evaluación integral para la gestión local. *Revista de Estudios Territoriales*, 42(3), 68-82. <https://doi.org/10.3846/jst.2019.076>

- Albuquerque, F. (2016). Desarrollo económico territorial (2.^a ed.). Editorial Síntesis.
- Alonso-Arévalo, J. (2019). La gestión de la información científica en el contexto de la ciencia abierta. *Información, Cultura y Sociedad*, 40, 31-52. <https://doi.org/10.34096/ics.i40.5921>
- Álvarez-Gayou, J. L. (2014). *Cómo hacer investigación cualitativa: Fundamentos y metodología* (2a ed.). Paidós.
- Arocena, J. (2013). *El desarrollo local: Un desafío contemporáneo* (3^a ed.). Taurus.
- Arnstein, S. R. (1969). A ladder of citizen participation. *Journal of the American Planning Association*, 35(4), 216–224. <https://doi.org/10.1080/01944366908977225>
- Blanco, I., & Subirats, J. (2017). Políticas urbanas en España: Dinámicas de transformación y retos ante la crisis. *Geopolítica(s)*, 8(2), 189-210.
- Blanco, I., & Subirats, J. (2017). Políticas urbanas en tiempos de crisis: La reingeniería social como respuesta. *Revista Española de Ciencia Política*, 39(2), 189–210. <https://doi.org/10.21308/recp.39.08>
- Boisier, S. (2005). ¿Hay espacio para el desarrollo local en la globalización? *Revista EURE*, 31(93), 47–62. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612005009300003>
- Boisier, S. (2017). *Territorio, competitividad y desarrollo local* (1.^a ed., pp. 45-78). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Boisier, S. (2022). Desarrollo territorial: Un proceso de construcción social del entorno. *Revista Latinoamericana de Estudios Urbanos Regionales*, 48(144), 56-73.
- Borja, J. (2023). La participación ciudadana como derecho y fundamento de territorios democráticos. *Urban Studies Journal*, 60(3), 412-429.
- Bozzano, H. (2017). *Territorios posibles: Procesos, lugares y actores* (3a ed.). Lumiere.
- Bustos Cara, R. (2016). Gestión territorial participativa: Enfoques y métodos aplicados al desarrollo local. *Revista Geográfica de Valparaíso*, (53), 108-124.

- Bustos Cara, R. (2016). Territorio, conflicto y gestión local (2a ed.). Antropofagia.
- Buzai, G. D. (2020). Métodos cuantitativos en geografía: Tratamiento de información geográfica a través de tecnología SIG. Universidad Nacional de Luján.
- CEPAL. (2023). Panorama social de América Latina 2022. Naciones Unidas.
<https://www.cepal.org>
- Cordón-García, J. A., Alonso-Arévalo, J., Gómez-Díaz, R., & García-Rodríguez, A. (2016). Las nuevas fuentes de información: La búsqueda informativa, documental y de investigación en el ámbito digital. Pirámide.
- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (2018). The SAGE handbook of qualitative research (5ª ed.). SAGE.
- Farinós, J. (2018). Gobernanza territorial y desarrollo de los recursos territoriales. En J. Romero & L. del Romero (Eds.), Territorio y sostenibilidad: Nuevas perspectivas en ordenación territorial (pp. 98–124). Tirant lo Blanch.
- Farinós, J. (2018). Organización del estado y modelo territorial en España: Diagnóstico y propuestas. Revista de Estudios Andaluces, (35), 101-123.
- Fink, A. (2020). Conducting research literature reviews: From the internet to paper (5a ed.). SAGE.
- Flick, U. (2015). El diseño de investigación cualitativa. Morata.
- Folch, R., & Bru, J. (2019). Ambiente, territorio y paisaje: Valores y valoraciones. Editorial UOC.
- Folchi, M. (2019). Conflictos socioambientales en América Latina: Recursos naturales y disputas territoriales (3.ª ed., pp. 120-150). Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Fraser, N. (2008). Scales of justice: Reimagining political space in a globalizing world. Columbia University Press.

Gadamer, H. G. (2017). Verdad y método (10ª ed.). Sígueme.

Guba, E. G., & Lincoln, Y. S. (2012). Controversias paradigmáticas, contradicciones y confluencias emergentes. En N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), Manual de investigación cualitativa (Vol. 2, pp. 113-144). Gedisa.

Haesbaert, R. (2021). El mito de la desterritorialización: Del "fin de los territorios" a la multiterritorialidad (3ª ed.). Siglo XXI Editores.

Harvey, D. (2005). Espacios de esperanza. Akal.

Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2018). Metodología de la investigación (8a ed.). McGraw-Hill.

Krippendorff, K. (2019). Content analysis: An introduction to its methodology (4a ed.). SAGE.

Lefebvre, H. (1991). The production of space. Blackwell.

Magnaghi, A. (2014). La biorregión urbana. Mairea.

Marchioni, M. (2014). Comunidad, participación y desarrollo: Teoría y metodología de la intervención comunitaria (4ª ed.). Popular.

Martínez Miguélez, M. (2016). Ciencia y arte en la metodología cualitativa (2a ed.). Trillas.

Massey, D. (2022). Por un sentido global del lugar: Perspectivas en la nueva geografía relacional. Editorial Icaria.

Massiris, A. (2021). Gestión territorial y desarrollo: Hacia una política de desarrollo territorial sostenible en América Latina. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Massiris, A. (2021). Gestión y ordenamiento territorial en América Latina: Visiones contemporáneas. Universidad Nacional Autónoma de México.

Ostrom, E. (2009). Understanding institutional diversity. Princeton University Press.

Pirez, P. (2020). Gobiernos locales en América Latina: Desafíos y oportunidades (1.^a ed., pp. 89-115). Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales (CLACSO).

Raffestin, C. (2020). Por una geografía del poder (2^a ed.). El Colegio de Michoacán.

Ricoeur, P. (2010). Del texto a la acción: Ensayos de hermenéutica II (2a ed.). Fondo de Cultura Económica.

Rojas, E. (2020). Planificación territorial participativa: Herramientas para el desarrollo local (2.^a ed., pp. 56-82). International Union of Local Authorities (IULA).

Romero, H., & Vázquez, A. (2020). Participación ciudadana en la gestión territorial: Análisis de experiencias en Latinoamérica. *Revista de Geografía Norte Grande*, 75, 143–162.
<https://doi.org/10.4067/S0718-34022020000100143>

Romero, H., & Vázquez, A. (2020). Participación comunitaria y gestión territorial: Desafíos para la gobernanza local en Chile. *Revista INVI*, 35(98), 144-167.
<https://doi.org/10.4067/S0718-83582020000100144>

Santos, B. de S. (2018). The end of the cognitive empire: The coming of age of epistemologies of the South. Duke University Press.

Santos, M. (2000). La naturaleza del espacio: Técnica, tiempo, razón y emoción. Ariel.

Sosa Velásquez, M. (2012). ¿Cómo entender el territorio? Editorial Cara Parens.

Aproximación ontoepistemologica a la realidad: la granja experimental como espacio de formación para la sostenibilidad

An Ontoepistemological Approach to Reality: The Experimental Farm as a Space for Sustainability Education

Zulma Alejandra Silva Salamanca^{1*}, Carlos Augusto Álvarez Arboleda¹ y Lizeth Marely Álvarez Salas¹

¹Facultad de Ingeniería, Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia, Medellín, Colombia. ingzulmaalejandrasilvas@gmail.com, carlos.alvarez66@tdea.edu.co, lizeth.alvarez@tdea.edu.co, <https://orcid.org/0000-0003-0605-8468>, <https://orcid.org/0000-0003-4029-6072>, <https://orcid.org/0000-0002-2050-6338>

*Autor de Correspondencia

Recibido: 16/05/2025. Aceptado: 09/06/2025. Publicado: 08/07/2025.

Cómo citar: Silva Salamanca, Z.A., Álvarez Arboleda, C.A. & Álvarez Salas, L.M. (2025). Aproximación ontoepistemologica a la realidad: la granja experimental como espacio de formación para la sostenibilidad. *Geografía Aplicada*, 1(2), 85-112.

Resumen

Este artículo propone una reflexión crítica sobre los contextos pedagógicos desde una perspectiva interdisciplinaria orientada a la sostenibilidad, mediante la articulación de

espacios formativos innovadores y transformadores. Específicamente, se examina la granja experimental como un dispositivo pedagógico transdisciplinar que posibilita procesos de formación integral desde la pedagogía básica hasta la aplicada. La investigación se sustenta en una revisión sistemática y reflexiva de la literatura, enmarcada en una perspectiva ontoepistemológica crítica, con base en la teoría crítica realista y el pensamiento filosófico contemporáneo. El diseño metodológico se organiza en cuatro fases interrelacionadas: (1) delimitación conceptual y exploración ontoepistemológica; (2) búsqueda y selección de literatura científica pertinente; (3) análisis y síntesis crítica de los estudios seleccionados a partir de una matriz analítica que permite identificar las concepciones explícitas e implícitas de realidad y conocimiento; y (4) formulación de una aproximación ontoepistemológica integrada, que articula los hallazgos en una comprensión compleja de la granja experimental como espacio de educación transdisciplinar para la sostenibilidad. Los resultados permiten avanzar en la configuración de una pedagogía crítica que promueve una educación transformadora con base en principios de justicia epistémica, equidad ambiental y compromiso social.

Palabras clave: granja experimental, formación, sostenibilidad, interdisciplinariedad, transdisciplinar.

Abstract

This article proposes a critical reflection on pedagogical contexts from an interdisciplinary perspective oriented toward sustainability, through the articulation of innovative and transformative training spaces. Specifically, it examines the experimental farm as a transdisciplinary pedagogical device that enables comprehensive training processes, from basic to applied pedagogy.

The research is based on a systematic and reflective literature review framed within a critical ontoepistemological perspective, grounded in critical realist theory and contemporary philosophical thought. The methodological design is organized into four

interrelated phases: (1) conceptual delimitation and ontoepistemological exploration; (2) search and selection of relevant scientific literature; (3) critical analysis and synthesis of the selected studies using an analytical matrix to identify explicit and implicit conceptions of reality and knowledge; and (4) formulation of an integrated ontoepistemological approach that articulates the findings into a complex understanding of the experimental farm as a space for transdisciplinary education for sustainability.

The results contribute to advancing the configuration of a critical pedagogy that promotes transformative education based on principles of epistemic justice, environmental equity, and social commitment.

Keywords: experimental farm, training, sustainability, interdisciplinarity, transdisciplinarity.

1. Introducción

Desde la ruralidad se evidencian perspectivas de conocimiento propias de la cosmovisión de sus habitantes. El uso del territorio, sus hábitos y costumbres, constituyen un sistema sobre el cual se identifican procesos de acumulación de saberes que es posible sintetizar como pedagogía rural. Las comunidades rurales permiten identificar ese otro punto de vista de usos y experiencias que emergen como una manera de concebir la existencia humana; comprender y validar este constructo, y plantea un espacio que representa un aporte didáctico y metodológico a favor de una educación para la sostenibilidad.

El contexto como medio de transformación social abarca espacios como la “granja experimental” donde, desde una perspectiva pedagógica crítica, se establece la oportunidad de desarrollar objetivos que conduzcan a fomentar nuevos comportamientos en un entorno interdisciplinar. Se trata de un contexto que permite ampliar actitudes de cooperación, respeto, aceptación y valoración de la diversidad de sexos, etnias, creencias o cualquier otro rasgo diferenciador del individuo.

La “granja experimental” es propicia para el desarrollo del ser, por la posibilidad de establecer relaciones equilibradas entre los estudiantes, docentes, investigadores,

operarios y la adquisición progresiva de destrezas aplicadas a la disciplina de interés para un proceso profesional íntegro y autónomo.

Así mismo, brinda la oportunidad de potencializar rutinas relacionados con la alimentación, el descanso, la higiene y la salud. Además, se promueve la mejora de la calidad de vida, se adquieren comportamientos sanos de convivencia y se fomentan temas transversales con las demás áreas del conocimiento, en este contexto se posibilita la oportunidad de perfilar este espacio como la base para la formación de una educación para la sostenibilidad (EAS).

Conocer el medio físico y social inmediato, permite al educando vinculado con el escenario de granja, conocer las dinámicas del territorio, conocer los ecosistemas y valorar las repercusiones positivas y negativas de la actividad antropogénica que los impactan. Esta experiencia es el lugar de intercambio de conocimiento entre la ciencia básica y la ciencia aplicada, desde procesos de identificación, comparación y clasificación de la flora y fauna local, el estudio de su morfología, alimentación, desplazamiento y reproducción, así como el uso adecuado de instrumentos y herramientas para el desarrollo de objetivos articulados a proyectos de investigación; de esta manera se aportan respuestas a las problemáticas de los sectores agroindustriales del país. Estas actividades permiten al estudiante desarrollar el pensamiento crítico, la capacidad de vislumbrar situaciones futuras, debatir las cuestiones que plantea la interacción con el entorno, y contribuye a adoptar decisiones sobre las responsabilidades con el medio ambiente.

2. Metodología

La metodología de revisión sistemática y reflexiva de la literatura, enmarcada en una perspectiva ontoepistemológica crítica, con el propósito de analizar la granja experimental como espacio formativo para la sostenibilidad. Esta aproximación metodológica permite sistematizar el conocimiento disponible e incluso construir las asunciones ontológicas y epistemológicas subyacentes en las prácticas educativas contemporáneas,

fundamentándose en el enfoque de la teoría crítica realista (Bhaskar, 2008) y en el pensamiento filosófico contemporáneo (Heidegger, 1927; Kuhn, 1962; Latour, 2005).

El procedimiento metodológico se estructura en cuatro fases complementarias. La primera fase, de exploración y delimitación ontoepistemológica, consiste en una revisión exhaustiva de literatura especializada en filosofía de la ciencia, epistemología y ontología, orientada a explicitar la postura ontoepistemológica que orientará todo el análisis posterior. Esta fase es clave para conceptualizar la sostenibilidad desde una visión no meramente instrumental, sino como una construcción relacional entre sujetos, saberes y territorios.

La segunda fase, corresponde a la búsqueda y selección de literatura científica relevante, mediante una estrategia sistemática que incluye la definición de ecuaciones de búsqueda, criterios de inclusión y exclusión explícitos, y la consulta de bases de datos académicas de alta rigurosidad como Scopus y Web of Science, siguiendo las directrices metodológicas propuestas por Booth et al. (2016) para revisiones sistemáticas en ciencias sociales y humanas. Asimismo, se integran fuentes secundarias y literatura gris pertinente que aporte valor teórico y contextual.

En la tercera fase se llevó a cabo el análisis y síntesis ontoepistemológica de los estudios seleccionados, mediante la construcción de una matriz analítica que permite identificar y categorizar las concepciones explícitas e implícitas de realidad y conocimiento presentes en la literatura. Esta matriz articula dimensiones ontológicas (naturaleza de la realidad) y epistemológicas (formas de conocer y validar el conocimiento) (Hincapié, 2017), facilitando una síntesis temática crítica que responde a la postura definida en la fase inicial.

La última fase, comprende la elaboración y discusión de la aproximación ontoepistemológica, donde se articulan los hallazgos en una comprensión compleja de la granja experimental como un dispositivo pedagógico situado, integrando sus implicaciones para la educación para la sostenibilidad. Se discuten las tensiones, potencialidades y limitaciones de los enfoques actuales, proponiendo nuevas líneas de investigación que

integren críticamente las dimensiones éticas, epistemológicas y ecológicas del proceso educativo.

La elección de esta metodología se justifica por la necesidad de trascender los enfoques meramente técnicos o funcionalistas en la investigación educativa, permitiendo una comprensión profunda y situada de las prácticas formativas desde una mirada ontoepistemológica crítica, en consonancia con los desafíos contemporáneos de la sostenibilidad.

3. Resultados

Granja experimental

Es crucial reconocer que la creación de conocimientos para la configuración de aprendizaje se basa en métodos creativos y una cuidadosa elección de sujetos o ideas desde una perspectiva multidisciplinaria. Este enfoque exige tanto un enfoque disciplinado como la previsión para reconocer su importancia potencial, sin importar la situación específica en la que se usa. El pronóstico de importancia extendido se convierte en un estándar crucial para garantizar la precisión y el impacto de la información creada.

La granja, como espacio físico, es un área de desarrollo e innovación, que surge de la transformación de un sistema ecológico natural. En este sentido, Geertz (1963), exploró cómo las comunidades agrícolas en Indonesia gestionaban de manera intensiva y sostenible los arrozales en terrazas, revelando una profunda comprensión ecológica y un sistema de creencias interconectado con su entorno natural. Aquí los conocimientos tradicionales de las comunidades sobre plantas, el bosque, los animales y sus patrones de comportamiento, no solo reflejan una adaptación ecológica precisa, sino también una cosmovisión integral que vincula el estado de bienestar y la producción con el equilibrio del ecosistema.

Hoy la granja experimental como escenario de aprendizaje emerge como un sistema abierto y complejo donde confluyen procesos de experimentación, producción de conocimiento y apropiación social del saber desde una perspectiva interdisciplinaria, en este espacio, el

conocimiento científico no solo se construye, sino que se somete a procesos de validación empírica y adaptación contextual, orientados a la sostenibilidad y a la transformación de los sistemas productivos, sociales y ecológicos que la rodean. Esta noción de sistema, entendida en términos de Bertalanffy (1968), permite comprender la granja experimental como una unidad organizada de interacciones dinámicas entre componentes naturales, sociales y técnicos, que coevolucionan mediante mecanismos de retroalimentación y aprendizaje continuo, apoyado en el saber científico desde el conocimiento interdisciplinario, para realizar transferencia y aplicación en proceso adaptativos con la finalidad de contribuir a la sostenibilidad y la mejora de diversos sistemas, además de ello, se apoyan labores desarrolladas por estudiantes en formación de pregrado como de posgrado, investigadores, profesionales y docentes.

La granja experimental converge como espacio de formación donde se establece la oportunidad de articular diferentes disciplinas en un mismo proceso o producto, desde lo básico hasta lo aplicado en áreas como aprovechamiento energético y material, bioensayos, productos naturales, estudios de factibilidad, las cuales tienen implicaciones desde la producción agropecuaria a través de la elaboración de sustratos orgánicos como base para la formulación de fertilizantes hasta la generación de sustancias biocidas contra plagas y enfermedades, adicionalmente genera metodologías que permitan la obtención de energía y garanticen el cierre de ciclos productivos. Tal visión implica la articulación de diferentes disciplinas como la ingeniería agropecuaria, química, biología, química farmacéutica e ingeniería química, ingeniería ambiental, microbiología, economía; lo que permite definir y desarrollar protocolos de carácter básico, que se constituyen en alternativas que tienen un impacto real sobre los sectores productivos y de salud del país.

Granja experimental como espacio de formación

La granja experimental se comprende como un espacio donde se correlacionan diferentes disciplinas que permiten la inclusión del conocimiento, no solamente se evidencia como un espacio pedagógico rural donde se supone un ambiente diferente al urbano. La granja

experimental se articula con diversas categorías analíticas que permiten aproximarse a conceptos clave desde perspectivas de especificidad contextual, particularmente en el ámbito educativo rural.

En este marco, Boix (2004) propone una definición de escuela rural que destaca su carácter singular: una escuela unitaria y cíclica, sustentada en el entorno y la cultura rurales, con una estructura organizativa heterogénea y diferenciada según la tipología escolar, y con una configuración pedagógico-didáctica de naturaleza multidimensional. Esta caracterización subraya la interdependencia entre el medio sociocultural y la arquitectura institucional de la escuela.

Posteriormente, han ocurrido progresos importantes en la comprensión del concepto, como los propuestos por Barba (2011), quien ve la escuela rural no solo como una realidad educativa distinta, sino también como un entorno propicio para la innovación pedagógica, capaz de producir respuestas adaptativas a sus propias demandas. Esta perspectiva va más allá de la clásica división entre lo rural y lo urbano, reconociendo la capacidad de transformación de los entornos rurales cuando se tratan desde perspectivas pedagógicas situadas.

Estas nociones permiten establecer la concepción de “escuela rural”, donde aparecen características propias, como grupos de alumnos reducidos y diversos, legislación educativa que distingue las ruralidades; se acreditan ventajas en el acceso al medio natural, oportunidades de enseñanza mayormente individualizada, y entre las desventajas se establece los recursos limitados en cuanto a infraestructura y medios específicos para el desarrollo de asignaturas.

Cuando se reconoce la educación como un instrumento clave para reducir desigualdades estructurales, resulta imprescindible situarla como un eje central en el diseño de políticas públicas, sobre todo en territorios históricamente excluidos. En este sentido, la educación

rural enfrenta desafíos significativos relacionados con el acceso, la continuidad y la calidad del aprendizaje, en comparación con las escuelas ubicadas en zonas urbanas.

Ante este panorama, el Ministerio de Educación Nacional de Colombia ha impulsado diversas estrategias diferenciadas, entre ellas modelos flexibles como la aceleración del aprendizaje, la posprimaria, la telesecundaria y programas de educación continuada, como el desarrollado por Cafam. Sin embargo, la implementación de estas iniciativas ha mostrado un impacto limitado en el mejoramiento de la calidad educativa en zonas rurales, evidenciando una desconexión entre las propuestas y las realidades territoriales.

En contraste, experiencias contextualizadas y con enfoque territorial, como el programa "Escuela y Café", inspirado en la metodología de Escuela Nueva, han demostrado una mayor pertinencia y eficacia. Esta última, concebida para garantizar la oferta de educación primaria completa en zonas rurales dispersas, articula componentes curriculares, formación docente, gestión escolar y participación comunitaria. Con el tiempo, se ha consolidado como una de las estrategias pedagógicas más reconocidas internacionalmente por su capacidad de adaptación a contextos rurales heterogéneos.

El informe *Inspiraciones Alcanzables* (José et al., 2011), que identifica 15 políticas educativas destacadas en América Latina, menciona 167 referencias a lo rural, de las cuales solo tres corresponden a políticas específicamente diseñadas para este ámbito: Escuela Nueva en Colombia, los Microcentros Rurales en Chile y los Centros Rurales de Formación en Alternancia en Perú. Estas iniciativas, validadas empírica y ampliamente replicadas, brindan aprendizajes valiosos para la formulación de políticas educativas que reconozcan la ruralidad no como un déficit, sino como un espacio de innovación y posibilidad pedagógica.

En Colombia, la Escuela Nueva, fundamentada en la pedagogía activa, ha tenido un impacto significativo en la expansión de la cobertura educativa, en la renovación de los métodos de enseñanza y en la diversificación de los enfoques formativos. Sin embargo, las propuestas más radicales de John Dewey (1970), como su énfasis en la formación basada en una

racionalidad científica y una filosofía pragmática, que promueven un ambiente educativo laico y democrático, encuentran obstáculos en la resistencia social hacia los efectos de la modernidad y la modernización. Este desafío es especialmente evidente en contextos de fuerte tradición religiosa católica, que a menudo perciben estas ideas como incompatibles con sus valores fundamentales (Cardona et al., 2020).

La interacción entre estos contextos y el ámbito educativo exige la adopción de enfoques de gestión que no solo preserven la integridad del saber pedagógico, sino que, en lugar de desvirtuarlo, lo fortalezcan. Este enfoque debe orientarse hacia la construcción de un currículo flexible y pertinente, capaz de proteger y valorar las costumbres de las comunidades rurales, al tiempo que motiva y cualifica a sus miembros. Dicho currículo debe ofrecer una formación coherente con la realidad local, enfocada en las necesidades regionales, sin perder de vista las dinámicas globales (Cossio, 2013). En última instancia, se busca crear un espacio para el desarrollo socioecológico, que fomente la integración de saberes tradicionales y modernos, contribuyendo al fortalecimiento de las comunidades en su totalidad.

La escuela rural, entendida como el espacio físico que posibilita la ejecución de procesos educativos dentro de su infraestructura, ha sido abordada desde diversas perspectivas pedagógicas. Por un lado; se encuentra la visión tradicional, centrada en un enfoque didáctico característico del aula multigrado, por otro; emergen propuestas más innovadoras que, en ocasiones, presentan una visión idealizada de su práctica pedagógica. Si bien es común hablar sobre la escuela rural, también es cierto que las hipótesis y suposiciones que sustentan las narrativas sobre su labor educativa son, en su mayoría, imprecisas y carecen de un respaldo empírico adecuado. De hecho, la investigación sobre la escuela rural, especialmente en lo que respecta al proceso de enseñanza-aprendizaje y la transferencia de competencias, ha sido limitada. En este contexto, resulta imperativo desafiar algunas de las concepciones pedagógicas predominantes sobre estos centros educativos y promover

estudios rigurosos que contribuyan a la generación de conocimiento científico sólido en este ámbito (Boix, 2011).

Este principio se aplica a una variedad de procesos inherentes a la educación rural, que incluyen tanto las dinámicas escolares como las actividades que involucran a los estudiantes, los docentes rurales, la formación de educadoras y educadores en contextos rurales, y los procesos comunitarios, entre otros (Díaz, 2008). La distancia significativa entre la realidad contextual y la práctica educativa en las escuelas rurales y las que se desarrollan en los entornos urbanos subraya la necesidad de una aproximación diferenciada. La diversidad intrínseca de los contextos rurales justifica plenamente la distinción entre la escuela rural y la escuela urbana, dado que las condiciones socioculturales, económicas y geográficas influyen de manera crucial en los enfoques pedagógicos y en las estrategias de enseñanza y aprendizaje.

En el 2007, Stainback y Stainback conceptualizaban las aulas inclusivas como una filosofía educativa que promueve la pertenencia de todos los estudiantes a un grupo común, garantizando que cada uno pueda participar en los procesos de aprendizaje vinculados tanto a la vida escolar como a la comunidad. Este enfoque valora la diversidad como un elemento enriquecedor del entorno educativo, considerando que dicha diversidad no solo fortalece la dinámica de clase, sino que también amplía las oportunidades de aprendizaje para todos sus integrantes. De hecho, el aula inclusiva actúa como un catalizador en la transformación de las escuelas tradicionales hacia espacios heterogéneos, en los que se favorece la equidad educativa y se fomenta el trabajo colaborativo, cimentado en los valores de cooperación y solidaridad (Bonal & Fontdevila, 2017a).

Aunque en ciertos momentos históricos de la educación rural del siglo XX se justificó la existencia de la “escuela rural” en el marco de la “pedagogía rural”, es innegable que este concepto ha adquirido una significativa concreción dentro de los contextos territoriales rurales de América Latina. Esta pedagogía, lejos de constituir un enfoque homogéneo, refleja la pluralidad y las particularidades propias de los diversos escenarios del continente,

lo que le confiere una dimensión académica de relevancia particular. En contraste con las corrientes pedagógicas contemporáneas que privilegian las escuelas activas, la pedagogía rural se distingue principalmente por su enfoque específico sobre los procesos educativos en contextos rurales. Mientras que el constructivismo, adoptado por las escuelas activas, promueve métodos centrados en la enseñanza indirecta—apoyándose en la atención a las actividades y los intereses de los estudiantes—, esta orientación a menudo carece de una base teórico-empírica psicogenética adecuada. Así, las prácticas espontáneas y los intereses conceptuales de los estudiantes no reciben una comprensión integral ni se ajustan a sus necesidades cognitivas y emocionales (Rojas & Díaz Barriga, 2012).

Por el contrario, la pedagogía rural aborda la enseñanza desde una perspectiva paidocéntrica, donde el estudiante es reconocido como el eje central del proceso educativo. En este marco, la enseñanza y el aprendizaje deben propiciar un entorno que favorezca la autonomía moral e intelectual del alumno, buscando garantizar las condiciones óptimas para su desarrollo integral.

El impulso hacia la consolidación de espacios educativos en los que el estudiante ocupe un papel central ha llevado a la propuesta de la granja experimental como un entorno idóneo para la formación y socialización. Este modelo plantea dos dimensiones clave de reflexión: en primer lugar, la configuración de los elementos estructurales y pedagógicos del espacio, donde la granja debe constituir un entorno que integre de manera coherente los objetivos educativos fundamentales. En este contexto, según Padula Perkins y Perkins (2003), la finalidad de dicho entorno no es solo la acumulación de conocimiento, sino su aplicación activa, favoreciendo la comprensión profunda, la retención significativa y el uso dinámico del saber. Este enfoque pretende enriquecer la experiencia de los estudiantes, permitiéndoles no solo comprender el mundo que les rodea, sino también desarrollarse de manera efectiva dentro de él.

En segundo lugar, la reflexión sobre la granja experimental como espacio de socialización aboga por una reconfiguración de las relaciones entre los actores del proceso educativo.

Este aspecto responde a la necesidad de crear un ambiente propicio para la interacción, la negociación y la generación de nuevos conocimientos. Aquí, las relaciones que se establecen en este espacio tienen un papel crucial en la construcción tanto de la identidad individual como colectiva de los participantes, configurando un proceso de aprendizaje donde los contenidos se objetivan a través de la colaboración y el intercambio mutuo.

La granja experimental, en su función pedagógica, no solo se erige como un espacio de aprendizaje, sino como un entorno de socialización, tal como lo define Usagui Basozabal (2005). En este contexto, la socialización no se limita a la interacción entre los individuos, sino que implica un proceso más profundo de construcción de la identidad individual y colectiva, así como la organización de una comunidad. En paralelo, la actividad social en este espacio se entiende como la interacción de diversos modos de pensamiento que garantizan la coherencia y cohesión social.

Este modelo educativo, centrado en la granja experimental, debe diseñarse con el objetivo de crear un espacio inclusivo y estimulante, que fomente la autenticidad de los participantes y los motive a desarrollar su potencial. Según lo señalado por Zamorano Escalona et al. (2018), estos sujetos, lejos de ser receptores pasivos de conocimiento, son individuos portadores de "expresiones viajeras" que transitan por diversos ámbitos simbólicos. Uno de estos espacios es, precisamente, el de los saberes, los cuales se concentran y se materializan en entornos de formación aplicada, diseñados de manera que favorezcan el aprendizaje práctico y contextualizado. Así, por medio de la reflexión crítica de factores complejos, la granja experimental deberá dirigir sus prácticas educativas en acciones que propicien la capacidad de explicar, ejemplificar, aplicar y justificar lo aprendido.

En la granja experimental se produce transformación de conocimientos, a través de factores correlacionales al ámbito social, cultural y ambiental, que influyen en la construcción de la identidad de los estudiantes como individuos, y de la granja experimental como espacio que convoca y genera adhesión (Guilar, 2009). Para que se produzca esa transformación y que

la granja experimental se pueda homologar a un concepto de institución de formación, se debe contar con un espacio de interacción directa que cuente como mínimo con un docente y un aprendiz, dando oportunidad de inclusión desde los saberes tradicionales u originarios para la transformación de conocimientos a futuras generaciones.

También es posible, que las granjas se conciban como espacios donde se desarrollan actividades enfocadas a la producción y el turismo, y se logran competencias relacionadas a un saber específico, en donde se busca recuperar todo el contexto de la ruralidad incluyendo la cosmovisión de la sociedad local, historicidad, oralidad, costumbres y tradiciones. Por ejemplo, el agroturismo se configura como una actividad económica que se lleva a cabo en explotaciones agrarias, donde los productores amplían sus fuentes de ingresos mediante la integración de componentes turísticos. Este modelo, que generalmente incluye servicios como alojamiento, alimentación y experiencias relacionadas con las labores agropecuarias, busca ofrecer una inmersión en el entorno rural. Según Barrera (2006), el agroturismo se caracteriza por poner en valor las actividades inherentes a las explotaciones rurales, tales como la cosecha, el ordeño, la trilla y la transformación de productos agrícolas, así como la participación en tareas de alimentación y cuidado animal (Segura Rodríguez, 2021). Esta modalidad no solo representa una alternativa recreativa, sino también una propuesta ecológica que fomenta la conexión entre los visitantes y el entorno natural. Además, constituye una vía para la difusión de la cultura local, el estilo de vida rural y las prácticas agrícolas tradicionales, contribuyendo de este modo a una mayor conciencia sobre los productos que se consumen y su relación con el territorio.

Granja experimental para la sostenibilidad

La sostenibilidad surge como respuesta a la creciente conciencia sobre la crisis global, que se manifiesta en lo que se ha denominado una "emergencia planetaria". Esta situación refleja una realidad insostenible que compromete tanto el bienestar actual como el futuro de la humanidad, en un mundo marcado por transformaciones rápidas y a menudo impredecibles. En este contexto, la sostenibilidad se concibe como la capacidad de las

sociedades humanas para satisfacer sus necesidades actuales sin comprometer la integridad de los sistemas ecológicos y sociales que permitirán a las generaciones futuras atender las suyas. Este principio se estructura sobre tres dimensiones interdependientes: la social, la económica y la ambiental, cuya articulación resulta fundamental para garantizar procesos de desarrollo equitativos, resilientes y perdurables en el tiempo. Ante esta urgencia, emergen diversas alternativas orientadas a encontrar soluciones viables, destacándose la educación para el desarrollo sostenible como una estrategia fundamental. Esta educación debe ser capaz de fomentar la creación de principios pedagógicos sólidos y estrategias de implementación que estén alineadas con los principios establecidos en la Declaración de Tbilisi, la cual promueve un enfoque integral y global para abordar los desafíos ambientales de manera eficaz y equitativa (Unesco & Pnuma, 1978, p. 15).

La educación constituye una herramienta fundamental para enfrentar las desigualdades estructurales que persisten en nuestras sociedades. No basta con perpetuar los modelos existentes; es imperativo repensar y transformar los sistemas educativos a la luz de los desafíos contemporáneos. Aunque las aulas y las instituciones escolares seguirán desempeñando un papel central, su configuración y dinámica deberán adaptarse radicalmente para responder a nuevas exigencias sociales, tecnológicas y laborales.

La educación del siglo XXI debe preparar a las personas para entornos laborales en constante evolución, promoviendo competencias que trasciendan los saberes tradicionales y considerando, a su vez, nuevas formas de garantizar estabilidad económica. En este contexto, resulta crucial ampliar sustancialmente la financiación global destinada a la educación, no solo como una inversión estratégica, sino como una condición necesaria para asegurar el ejercicio efectivo del derecho universal a una educación inclusiva, equitativa y de calidad.

4. Discusión

Actualmente, la humanidad enfrenta una disputa estructural en torno al poder y al rumbo del desarrollo. No se trata de concebir al progreso económico y al medio ambiente como fuerzas antagónicas—donde el primero “agrede” al segundo y este último “limita” al primero—sino de reconocer su interdependencia intrínseca. Economía y ecología son dimensiones inseparables de un mismo sistema. Tal como ocurrió tras la revolución copernicana, que unificó cielo y tierra, o la teoría de la evolución, que estableció un continuum entre la especie humana y el resto de los seres vivos, asistimos ahora a un proceso que tiende hacia la integración conceptual y práctica entre desarrollo y sostenibilidad (Gil Pérez, 2003).

En este contexto, la economía ecológica emerge como un paradigma alternativo al modelo hegemónico basado en el crecimiento ilimitado. Esta nueva visión plantea la posibilidad de un desarrollo no supeditado al incremento permanente del producto económico, orientado más bien a armonizar los límites biofísicos del planeta con las aspiraciones de bienestar colectivo. No obstante, la transición hacia un modelo económico global de esta naturaleza supone retos de gran envergadura, dado que entra en conflicto directo con las estructuras y lógicas que dominan el orden actual. Críticos del concepto “desarrollo sostenible” lo consideran un oxímoron, una fórmula ambigua que disfraza los intereses de los promotores del crecimiento económico, sin cuestionar de fondo su insostenibilidad estructural (Bonil et al., 2013a).

En el ámbito de la educación ambiental y de la educación para la sostenibilidad, la dimensión prospectiva constituye un eje transversal entre diversas corrientes y enfoques (Martínez, 2010; Kothari et al., 2019; Gutierrez-Bucheli et al., 2022; Bonal & Fontdevila, 2017; Hermann & Bossle, 2020). Así lo señala también el documento de la Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible (Kong López & Junyent Pubill, 2013), donde se enfatiza que la educación: (i) es un agente transformador clave para la construcción de

visiones alternativas de sociedad; (ii) promueve valores, actitudes y estilos de vida orientados hacia futuros sostenibles; (iii) facilita procesos deliberativos de toma de decisiones que consideran simultáneamente la equidad, la viabilidad económica y la integridad ecológica; y (iv) fortalece las capacidades cognitivas y éticas necesarias para el pensamiento orientado al futuro.

En este sentido, resulta estéril perpetuar divisiones artificiales entre quienes provienen de la tradición de la educación ambiental y quienes abogan por una educación centrada en la sostenibilidad. No tiene fundamento acusar a los primeros de reduccionismo ecológico ni a los segundos de complicidad con un modelo depredador. Ambas corrientes convergen en la urgencia de construir una nueva racionalidad, una ética ampliada y una praxis transformadora en nuestra relación con el mundo natural. La sostenibilidad, como sostiene Lobera (2008), debe entenderse como una noción utópica orientadora, comparable en su potencia normativa a los ideales de democracia y justicia. En palabras de Bonil et al. (2010a), representa “la idea central unificadora más necesaria en este momento de la historia de la humanidad”, en tanto permite estructurar un análisis holístico de los problemas contemporáneos, de sus causas sistémicas y de las medidas necesarias para su superación (Edwards et al., 2004).

La experiencia global de la pandemia por COVID-19 ha intensificado el cuestionamiento de prácticas arraigadas en múltiples dimensiones de la vida social. Entre ellas, la formación para la producción alimentaria ha sido objeto de un escrutinio renovado. El modelo agroexportador intensivo, dominante en muchas regiones periféricas, ha sustituido formas sostenibles de ocupación del territorio, erosionando tanto los ecosistemas locales como las economías rurales diversificadas (Escobar et al., 2019). Este modelo hegemónico también se reproduce en el sistema educativo rural, donde la escuela ha sido históricamente un agente de transformación, pero fundamentalmente al servicio de los requerimientos del capitalismo agrario.

En este escenario, la educación en contextos rurales suele responder más a la lógica del mercado—formando individuos aptos para la inserción en una economía globalizada—que a las necesidades de las comunidades que habitan y cultivan el territorio. Las representaciones del “campesino”, cargadas de valoraciones emotivas, reflejan una tensión persistente entre identidad cultural y marginación estructural (Cardona et al., 2020). Aunque a primera vista pueda parecer ajeno al lenguaje académico hablar de “saberes campesinos”, es indispensable reconocer su relevancia epistemológica. Integrarlos en los currículos no debe entenderse como una concesión simbólica, sino como una estrategia pedagógica transformadora. Ello implica reflexionar, junto a las comunidades rurales, sobre el tipo de escuela que desean, el perfil de egresados que valoran, y los contenidos que consideran pertinentes (Arias Gaviria, 2017).

En última instancia, al explorar las dinámicas educativas en contextos rurales, nos encontramos ante una verdadera disputa de sentidos que va mucho más allá de adaptar los planes de estudio al entorno. Lo que realmente está en juego es reconocer a la escuela como un espacio cultural donde se negocian identidades, saberes y modos de estar en el mundo. Como práctica social, la educación participa activamente en la creación y perpetuación de desigualdades socioespaciales, por lo que su transformación requiere una pedagogía que asuma el compromiso con la equidad, la justicia ambiental y el respeto por la diversidad territorial.

Los programas de desarrollo en Colombia están modificando el progreso rural al favorecer la introducción de innovaciones tecnológicas que transforman el entorno, esto dado porque se incorporan tecnologías externas que no son compatibles con las condiciones propias del territorio. Esto ha llevado a perder el horizonte para enfrentar nuevos retos que se gestan en las diferentes áreas del conocimiento, al enfocarse en adaptar esas tecnologías y no al crear soluciones que sean diseñadas específicamente para las condiciones propias del entorno.

Si uno de los objetivos fundamentales de la educación es preparar a los niños y jóvenes para el futuro, surge la interrogante: ¿por qué no se les brinda la oportunidad de explorar dicho futuro? Este cuestionamiento es planteado por Hicks y Holden (1995), quienes argumentan que la noción de futuro constituye una dimensión ausente en los currículos escolares (Edwards, 2004).

Las representaciones del futuro desempeñan un papel crucial en la dinámica social, modelando las perspectivas de las sociedades. Mientras algunas visiones se centran en un futuro optimista y sostenible, otras, más pesimistas, se alimentan de los contextos de crisis que caracterizan la actualidad (Junyent i Pubill & Geli, 2004).

Asimismo, se observa un problema en la forma en que la sociedad conceptualiza el futuro de los niños. Frecuentemente, se les asigna un rol determinado, proyectando sobre ellos nuestras expectativas y esperanzas, sin darles la oportunidad de expresar su propia visión. Como señala Ortiz (2015), los niños no son el futuro de la humanidad, sino que los adultos lo somos. El futuro de los niños está, en última instancia, condicionado por el presente de los adultos. En este sentido, el futuro es, en realidad, una extensión del presente.

En este contexto, la reflexión sobre el futuro involucra a diversos sectores de la sociedad, siendo los ámbitos educativo y ambiental los más profundamente impactados. Es el momento de reconsiderar nuestras concepciones del mundo, reconociendo que el cambio es posible. Tal como argumentan Bonil et al. (2010), la crisis global actual exige una construcción colectiva basada en nuevos modos de sentir, pensar y actuar, constituyendo un desafío para el pensamiento humano contemporáneo.

Desde la perspectiva de Durkheim (1976), la escuela no solo debe preparar a los individuos para integrarse a la sociedad que los acoge, sino también responsabilizarlos de su conservación y transformación. Esta transformación debe materializarse a través de la creación de nuevas prácticas culturales que promuevan el reconocimiento del otro, la construcción de argumentos colectivos para la inclusión de la diferencia, y el

establecimiento de marcos comunes para la equidad. Educar en este sentido implica introducir a las nuevas generaciones en los patrones culturales existentes y, al mismo tiempo, prepararlas para su innovación.

En cuanto a los desafíos del sistema educativo, los lineamientos establecidos por el Ministerio de Educación de Colombia, en consonancia con las decisiones de la Tercera Cumbre Mundial de Mandatarios, subrayan la importancia de promover la educación intercultural en todos los niveles del sistema educativo nacional. Entre las metas propuestas, se destaca la necesidad de integrar los aportes históricos, políticos, sociales, económicos, étnicos, científicos y tecnológicos de los diversos pueblos en el currículo escolar. Además, se propone fortalecer la enseñanza de la cátedra de estudios en los niveles básicos, medios y vocacionales, así como desarrollar estrategias inclusivas para la educación superior. Asimismo, se pone énfasis en la formación de talento humano a través del apoyo a grupos de investigación y la creación de sistemas de evaluación que reconozcan las particularidades étnico-culturales de docentes, directivos y comunidades en general, incluyendo la diversidad étnica en los exámenes de Estado (Chiang & Chen, 2022).

Atendiendo estos retos, se gesta una oportunidad en la construcción de una alternativa “granja experimental” que permita garantizar la apropiación del conocimiento práctico materializándolo de una forma que este alineada en un constructo interdisciplinario afianzado a un modelo de educación sostenible, respondiendo así a las necesidades imperativas del mundo actual, cambiando la visión de la formación magistral por la formación aplicada; desarrollando habilidades y fortaleciendo destrezas de los involucrados en espacios para una formación transdisciplinar del individuo como parte de un componente indispensable de desarrollo para un futuro.

En el marco de la modernización, la manera en que se construye la realidad está estrechamente condicionada por el entorno comunicativo propio del proceso educativo. Esta construcción no solo refleja dinámicas de poder, sino que también da lugar a la creación de nuevas identidades y al uso de tecnologías que modifican cómo se genera,

transmite y mantiene el discurso. A todo esto, se suma una ruptura entre las nociones tradicionales de tiempo y espacio, lo que altera profundamente las formas convencionales de interacción y de producción del conocimiento (Bashir et al., 2023).

En este escenario, la universalidad organizada y la sistematización de las experiencias cotidianas se fusionan en un único plano, volviéndose omnipresentes. Los saberes acumulados en el contexto de la hipercomunicación dejan de ser patrimonio exclusivo de expertos; ahora, su acceso se limita a un simple clic, a través de la navegación en una página web. La tradicional biblioteca, con su vasto archivo de fichas, mapas y filminas, queda obsoleta. Así, el "contexto" ancestral —fundado en la experiencia humana, la geografía tangible y los conflictos específicos— pierde relevancia. En su lugar, emerge un nuevo espacio: el "hiper-contexto", que se encuentra impregnado de complejas dinámicas comunicativas y avatares digitales. Este nuevo entorno transforma la pedagogía, dando lugar a lo que podría denominarse una ciber-pedagogía, que no solo supera los retos inherentes a la vida rural, sino que desvanece las condiciones que históricamente definieron esos entornos (Arias Gaviria, 2017).

Estas reflexiones promueven la generación de ideas globales en el ámbito educativo, que abarcan desde los saberes fundamentales hasta los constructos pedagógicos y sociales. Dichas ideas facilitan la creación de espacios orientados hacia el futuro, donde, a través de la experiencia, se fomentan propuestas, soluciones y referencias sostenibles, enmarcadas dentro del contexto conceptual y práctico de la educación ambiental. En este sentido, recupera relevancia la noción planteada por Krichesky (2018), quien afirma que "educar para el futuro o el futuro para educar", aludiendo a la necesidad de consolidar los distintos saberes con el objetivo de garantizar la disponibilidad de recursos para las generaciones venideras.

Asimismo, siguiendo las orientaciones propuestas por la comisión internacional sobre los futuros de la educación y la UNESCO (2022), se resalta la necesidad de colocar en el centro de la educación ambiental los métodos participativos de enseñanza y aprendizaje. Estos

enfoques buscan motivar a los educadores a replantear sus prácticas pedagógicas y asumir un papel activo en la promoción del desarrollo sostenible, brindándoles las herramientas y habilidades necesarias para ejercer esta función de manera eficaz.

5. Conclusiones

En conclusión, la granja experimental se presenta como un espacio pedagógico que no solo facilita el aprendizaje y el desarrollo de competencias cognitivas, socio-afectivas y comunicativas, sino que también desempeña un papel crucial en la construcción de identidades tanto individuales como colectivas. A través de un análisis contextual profundo, se evidencia que este entorno educativo es más que un simple recurso didáctico; constituye un laboratorio dinámico donde se integran las dimensiones sociales, económicas y ambientales, y donde la interdisciplinariedad se erige como una herramienta fundamental para la formación integral de los sujetos.

El estudio contextualizado revela que, en el contexto actual de insostenibilidad ecológica, los avances tecnológicos disruptivos y las desigualdades sociales y económicas, la granja experimental emerge como un espacio resiliente que enfrenta los desafíos de un territorio biodiverso pero vulnerado. Las tensiones derivadas de altos índices de pobreza, inseguridad alimentaria y la disparidad cultural y económica entre los actores sociales requieren, más que nunca, de enfoques educativos innovadores y contextualizados, capaces de generar cambios sustantivos en la formación de ciudadanos conscientes de la complejidad de su entorno.

Este análisis resalta la necesidad de repensar las prácticas pedagógicas y la función de los espacios educativos en la construcción de soluciones sostenibles, tanto desde la perspectiva ecológica como social. La granja experimental, al integrar estas diversas dimensiones en su propuesta educativa, ofrece un modelo que no solo prepara a los individuos en términos académicos, sino que también les brinda las herramientas para comprender y abordar los retos que enfrenta su comunidad en un mundo cada vez más interconectado y complejo.

6. Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado en el marco del programa de doctorado en *Educación y Estudios Sociales*. Los autores expresan su agradecimiento a FUNDAGIEM y al Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares de la Universidad de Antioquia por el valioso apoyo técnico brindado. Asimismo, se agradece a la Universidad Autónoma del Estado de México, en particular al Centro de Estudios e Investigación en Desarrollo Sustentable, por su respaldo durante la estancia doctoral académica, y de manera especial al Dr. David Iglesias Piña, por su orientación y contribuciones a la investigación.

De igual forma, se extiende un agradecimiento a la Universidad Politécnica de Santa Rosa por su acogida durante la estancia doctoral, especialmente al jefe del Departamento de Planeación y Gestión para la Sustentabilidad, Msc Luis Leonel Heath Moncada, por su apoyo institucional. Un reconocimiento muy especial a la Dra. María Xóchitl Mejía Mata por su hospitalidad y acompañamiento cercano a lo largo de este proceso académico. También se agradece al Tecnológico de Antioquia por los seminarios ofrecidos, los cuales enriquecieron significativamente la formación investigativa.

7. Conflictos de interés

Los autores de esta investigación declaran bajo protesta de decir la verdad que este es un trabajo original y que no existen conflictos de interés.

8. Referencias

- Arias Gaviria, J. (2017). Problemas y retos de la educación rural colombiana *Problems and challenges of rural education in Colombia Problemas e restos da educação rural colombiana*.
- Barba Solano, C. (2011). Revisión teórica del concepto de cohesión social: hacia una perspectiva normativa para América Latina. In *Perspectivas críticas sobre la*

cohesión social: Desigualdad y tentativas fallidas de integración social en América Latina.

- Barrera, E. (2006). *La formación en turismo rural. la experiencia de la facultad de agronomía de la universidad de buenos aires*¹.
- Bashir, H., Araci, Z. C., Obaideen, K., & Alsyouf, I. (2023). An approach for analyzing and visualizing the relationships among key performance indicators for creating sustainable campuses in higher education institutions. *Environmental and Sustainability Indicators*, 19, 100267. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2023.100267>
- Bertalanffy, L. von. (1976). *Teoría general de los sistemas: Fundamentos, desarrollo, aplicaciones* (2.ª ed., J. Munné, Trad.). Fondo de Cultura Económica. (Obra original publicada en 1968)
- Boix, R. (2004). *La escuela rural: funcionamiento y necesidades*. CissPraxis.
- Boix, R. (2011). ¿Qué queda de la escuela rural? Algunas reflexiones sobre la realidad pedagógica del aula multigrado. *Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 15(2), 1–12. <https://www.redalyc.org/pdf/567/56719129002.pdf>
- Bonal, X., & Fontdevila, C. (2017a). Is Education for Sustainable Development the means to bring about inclusive development? Between idealist and alternative positions. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 24, 73–77. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.02.002>
- Bonal, X., & Fontdevila, C. (2017b). Is Education for Sustainable Development the means to bring about inclusive development? Between idealist and alternative positions. In *Current Opinion in Environmental Sustainability* (Vol. 24, pp. 73–77). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.02.002>
- Bonil, J., Junyent, M., & Pujol, R. M. (2010a). Educación para la Sostenibilidad desde la perspectiva de la complejidad. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 7(extra), 198–215. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2010.v7.iextra.05

- Bonil, J., Junyent, M., & Pujol, R. M. (2010b). Educación para la Sostenibilidad desde la perspectiva de la complejidad. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 7(extra), 198–215.
https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2010.v7.iextra.05.
- Booth, A., Sutton, A., & Papaioannou, D. (2016). *Systematic approaches to a successful literature review* (2nd ed.). SAGE Publications.
- Bhaskar, R. (2008). *A realist theory of science* (2nd ed.). Routledge. (Original work published 1975)
- Cardona Londoño, J. C., Castaño Franco, R., & Lopera graciano, K. (2020). Movimientos sociales de víctimas frente a la construcción de políticas públicas con enfoque de género en contextos de violencia. *Chasqui. Revista Latinoamericana de Comunicación*, 1–24.
- Chiang, M., & Chen, P. (2022). Education for sustainable development in the business programme to develop international Chinese college students' sustainability in Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 374.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134045>
- Comisión Internacional sobre los Futuros de la Educación, & Unesco. (2022). *Reimaginar juntos nuestros futuros: un nuevo contrato social para la educación*. Unesco.
- Cossio Moreno, J. A. (2013). *Pedagogía y calidad de la educación: una mirada a la formación del maestro rural*.
- Díaz Alvarado, A. (2008). Algunos avances y proyecciones en el campo de la pedagogía rural.
- Dewey, J. (1970). *Democracia y Educación*. Buenos Aires: Losada. Dewey, J. (1972). *El niño y el programa escolar*. Buenos Aires: Losada.
- Durkheim. (1976). *Conflicto y educación*. Universidad Del Pais Vazco.
http://institucional.us.es/revistas/cuestiones/17/art_17.pdf

- Edwards, M.; G. D.; V. A. y P. J. (2004). La atención a la situación del mundo en la educación científica educar para la supervivencia: más allá de la consideración de problemas ambientales puntuales (Vol. 22, Issue 1).
- Edwards, M., Gil, D., Vilches, A., & Praia, J. (2004). La atención a la situación del mundo en la educación científica educar para la supervivencia: más allá de la consideración de problemas ambientales puntuales (Vol. 22, Issue 1).
- Escobar, A., Salleh, A., Korthari, A., Demaria, F., & Acosta, A. (2019). *Pluriverse a post-development dictionary*.
- Gil Pérez, D. (2003). *Construyamos un futuro sostenible. Diálogos de supervivencia*.
<https://www.researchgate.net/publication/291824171>
- Guilar, M. E. (2009). *Las ideas de Bruner: De la revolución cognitiva a la revolución cultural*.
- Gutierrez-Bucheli, L., Kidman, G., & Reid, A. (2022). Sustainability in engineering education: A review of learning outcomes. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 330). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129734>
- Geertz, C. (1963). Agricultural involution: The processes of ecological change in Indonesia (Vol. 11). Univ of California Press.
- Hermann, R. R., & Bossle, M. B. (2020). Bringing an entrepreneurial focus to sustainability education: A teaching framework based on content analysis. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 246). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119038>
- Heidegger, M. (1927). *Sein und Zeit [Being and Time]*. Niemeyer.
(Trad. al inglés: Macquarrie, J., & Robinson, E., 1962, Harper & Row).
- Hicks, D., & Holden, C. (1995). Exploring the Future: A missing dimension in environmental education. *Environmental Education Research*, 1(2), 185–193.
<https://doi.org/10.1080/1350462950010205>

- Hincapié, J. P. (2017). *Elementos ontológicos, epistemológicos y metodológicos para la construcción de un marco teórico de estudio de los activos intangibles*. Cuadernos de Contabilidad, 18(45). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cc18-45.eoem>
- Javier Toro Sánchez, F., & Toro Sánchez, F. J. (n.d.). El desarrollo sostenible: Un concepto de interés para la geografía. *Cuadernos Geográficos*, 40, 149–160.
- José, H., Juan, G., Restrepo, C., Nash, J., Valdés, A., Reina, M., Zuluaga, S., Bermúdez, W., Oviedo, S., & Perfetti, J. J. (2011). Cuadernos de desarrollo 38 la política comercial del sector agrícola en Colombia.
- Junyent i Pubill, M., & Geli, A. M. (2004). Educació ambiental un enfocament metodològic en formació inicial del professorat d'educació primària. Universitat de Girona.
- Kong López, F., & Junyent Pubill, M. (2013a). La construcción de espacios de futuro (cef) como aportación didáctica y metodológica para una educación (ambiental) creativa, global y sostenible.
- Kong López, F., & Junyent Pubill, M. (2013b). La construcción de espacios de futuro (cef) como aportación didáctica y metodológica para una educación (ambiental) creativa, global y sostenible.
<https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/307549/397531>.
- Kothari et al. (2019). Pluriverse a post-development dictionary - Unknown. *Tulika*.
- Krichesky, G. J. ; M. F. J. (2018). La colaboración docente como factor de aprendizaje y promotor de mejora. Un estudio de casos. 21(1), 135–155.
<https://doi.org/10.5944/edu>
- Kuhn, T. S. (1962). The structure of scientific revolutions. University of Chicago Press.
- Latour, B. (2005). *Reassembling the social: An introduction to actor-network-theory*. Oxford University Press.
- Lobera, J. (2008). Insostenibilidad: aproximación al conflicto socioecológico. In *Revista CTS, nº* (Vol. 11).

- Martínez, R. (2010). La importancia de la educación ambiental ante la problemática actual. *Educare*, XIV(1). <https://www.redalyc.org/pdf/1941/194114419010.pdf>
- Ortiz Ocaña, A. (2015). La concepción de Maturana acerca de la conducta y el lenguaje humano. 8(2), 182–199.
- Padula Perkins, J. E., & Perkins, J. E. P. (2003). Una Introducción a la educación a distancia El ABC de la educación a distancia (conceptualizaciones).
- Rojas, G. H., & Díaz Barriga, F. (2012). Una mirada psicoeducativa al aprendizaje: qué sabemos y hacia dónde vamos. http://www.sinectica.iteso.mx/articulo/?id=40_una_mira-
- Segura Rodríguez, A. del C. (2021). Agroturismo para el Desarrollo Sostenible en granjas ecuatorianas. Un estudio documental. *Revista Científica Dominio de Las Ciencias*, 7, 1–20. <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i4>.
- Stainback, S., & Stainback, W. (Coords.). (2007). Inclusión: Un modelo de enseñanza para la diversidad. Narcea Ediciones. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=320403>
- Usagui Basozabal, E. (2005). Durkheim: Conflicto y educación. *Espacio y Tiempo: Revista de Ciencias Humanas*.
- Unesco & Pnuma. (1978). *La educación ambiental: Principios, experiencias y orientaciones. Declaración de la Conferencia de Tbilisi*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000032763>
- Zamorano Escalona, T., Cartagena, Y. G., & Reyes González, D. (2018). Educación para el sujeto del siglo XXI: principales características del enfoque STEAM desde la mirada educacional 1. *Contextos: Estudios de Humanidades y Ciencias Sociales*.

Ciudades Fractales y Análisis Espacial

Fractal Cities and Spatial Analysis

Edel Cadena Vargas^{1*}, Juan Campos Alanís¹, Román Sánchez Dávila² y Eduardo Jiménez López³

¹ Facultad de Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de México, Cerro Coatepec s/n Ciudad Universitaria, Toluca de Lerdo, México, C.P. 50110. ecadenav@uaemex.mx, <https://orcid.org/0000-0002-3131-9597>, jcamposa@uaemex.com, <https://orcid.org/0000-0002-5391-2447>

²Facultad de Planeación Urbana y Regional de la Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca de Lerdo, México. C.P. 50130. roman.san.dav@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2292-4119>

³Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Población de la Universidad Autónoma del Estado de México, Cerro Coatepec s/n Ciudad Universitaria, Toluca de Lerdo, México, C.P. 50110. ejimenezl@uaemex.mx, <https://orcid.org/0000-0002-1883-3890>

*Autor de Correspondencia

Recibido: 24/06/2025. Aceptado: 07/07/2025. Publicado: 08/07/2025.

Cómo citar: Cadena Vargas, E., Campos Alanís, J., Sánchez Dávila, R. & Jiménez López, E. (2025). Ciudades Fractales y Análisis Espacial. *Geografía Aplicada*, 1(2), 113-140.

Resumen

La geometría fractal es una herramienta matemática que ofrece un marco flexible, visual para describir las superficies, patrones complejos e irregulares que caracterizan el crecimiento espacial de ciudades y fenómenos naturales como las nubes, las montañas, el

sistema circulatorio, las líneas costeras o los copos de nieve, entre otros. A diferencia de la geometría euclidiana, que se basa en formas regulares y lineales, la geometría fractal permite modelar estructuras fragmentadas, heterogéneas, con propiedades de autoorganización, características de los entornos urbanos en constante evolución. La autosimilitud implica que las partes de un todo se parecen entre sí, independientemente de la escala en que se observe, lo que refleja la jerarquía y la repetición de patrones en las ciudades. En el análisis espacial urbano, la geometría fractal facilita la cuantificación de la complejidad y la irregularidad de las formas urbanas, ayudando a entender cómo se distribuyen, crecen, se organizan las áreas construidas, las fronteras y las redes de transporte.

Palabras clave: fractales, geometría fractal, autosimilitud, análisis espacial.

Abstract

Fractal geometry is a mathematical tool that offers a flexible, visual framework to describe the complex and irregular surfaces and patterns that characterize the spatial growth of cities and natural phenomena such as clouds, mountains, the circulatory system, coastlines, and snowflakes, among others. Unlike Euclidean geometry, which is based on regular and linear shapes, fractal geometry allows for modeling fragmented, heterogeneous structures with properties of self-organization—features typical of ever-evolving urban environments.

Self-similarity implies that parts of a whole resemble each other regardless of the scale at which they are observed, reflecting the hierarchy and repetition of patterns in cities. In urban spatial analysis, fractal geometry facilitates the quantification of the complexity and irregularity of urban forms, helping to understand how built-up areas, boundaries, and transportation networks are distributed, grow, and organize.

Keywords: fractals, fractal geometry, self-similarity, spatial analysis.

1. Introducción

Una de las herramientas actuales que permite el análisis espacial del crecimiento de la mancha urbana es la geometría fractal. Muchos objetos naturales se forman en complejas y atractivas formas geométricas que convencionalmente se han tratado de describir como una secuencia de puntos, líneas, superficies y volúmenes. Sin embargo, muchos fenómenos naturales no se ajustan a esta concepción clásica. Guiados por tal comprobación, distintos matemáticos formalizaron una serie de atributos geométricos, llamados fractales, llevando a la búsqueda de una representación de los objetos basada en estructuras matemáticas mucho más flexibles y visuales en contraposición a la geometría tradicional (Girón y Cisneros, 2022; Sandoval-Ruiz, 2023).

En el siglo pasado, se sugirió una denominación a este tipo de figuras utilizando la palabra latina fractus (fraccionado), al presentar comportamientos matemáticamente complejos y una paradoja inherente que les convierte en modelos atractivos para el estudio, análisis de fenómenos naturales, las superficies de llenado, entre otras muchas cosas más. Se puede decir que es un objeto con comportamiento definido usando una superficie compuesta por una superficie densamente poblada pero con límites finitos, nunca encontrará una superficie igual, pero indirectamente se recorre un contorno o frontera muy definida. Esta circunstancia se manifestó por primera vez en la figura matemática el copo de nieve de Koch en 1904 (Ferrer y Vélez-Santiago, 2023).

La estructura matemática de la forma en análisis se repite a distintas escalas, que se le llama fractal. Esta categoría se refiere a la idea de que la geografía del mundo físico no es siempre euclidiana, sino que a veces es fraccionada, es decir, la distancia entre dos puntos depende de dos parámetros: los puntos se separan por una distancia que puede ser recta o dependiendo del tipo de recorrido o trayecto. Esta nueva teoría es más adecuada para describir superficies rugosas que la geometría euclidiana no puede describir. Se observa cualquier estructura física (costa, cordillera, árbol, etc.) detenidamente, se verá que su forma es muy irregular. Por lo anterior se dice que la longitud de una costa es un concepto físicamente inadecuado ya que tiene un largo infinito (Llorente et al., 2023).

Para aplicar conceptos fractales al análisis espacial, primero se debe dividir la superficie a estudiar en un número adecuado de cuadrados pequeños. No usando el menor de los cuadrados, sino un cuadrado elegido al azar o mediante un diseño sobre la superficie. Basado en la longitud del perímetro, se define el factor de escala, que es calculado como la relación entre los perímetros del polígono, que corresponde al lado del cuadrado y la longitud del perímetro. Si el siguiente cuadrado tiene lados más pequeños, el perímetro también disminuirá. Por último, se calcula un promedio de escala de perímetro que relaciona el promedio entre los polígonos más pequeño y grande, por lo que un valor cercano a 1, indica bajo grado de rugosidad y un valor de 1 al existir una alta rugosidad en alguna escala. Con ello se obtiene la dimensión fractal como una curiosa forma de identificar los objetos más complejos o rugosos.

El concepto de autosimilitud asociado al espacio urbano ha generado el empleo de la estática fractal con propósitos muy específicos. Se aplica para el cálculo de la dimensión de ciudades, plasmar la complejidad urbana de acuerdo con la escala analizada, tendiendo a comportarse como un fractal en procesos de gentrificación o bajo la teoría de la organización del espacio a partir de los flujos asociados a la mancha urbana. Cada una de las utilidades se traduce en algún grado o a diferentes magnitudes a los propósitos del análisis (Xia et al., 2022).

La dimensión fractal del área urbanizada indica cuánto del espacio observado resulta ser ocupado o construido. Es comparada con respecto a las fronteras de tal área, en donde la dimensión calculada por lo general es inferior a la máxima posible, que correspondería a 2 en casos generados de forma de un plano, o 3 cuando el espacio está determinado en tres dimensiones (largo, ancho y fondo) (Saganeiti et al., 2021). Como ocurre en la mancha urbana de la ciudad de Toluca, alrededor del área de igual valor cercano a 2 corresponde esencialmente al crecimiento del territorio urbanizado.

A su vez, el indicador también puede ser contrastado dentro de la misma área al mostrar los conglomerados fractales asociados a la mancha urbana y sus respectivos flujos,

considerando que los valores estudiados de acuerdo con la escala analizada por esos flujos tienden a aproximar la dimensión topológica del espacio interno. Los fractales permiten determinar áreas o lugares intermedios que pueden servir como corredores de comunicación (Badie et al., 2021).

2. Fractales en urbanismo

Existen numerosos casos en los que áreas aparentemente ordenadas presentan una complejidad extrema. Los desarrollos recientes de la Teoría de Fractales adjudican las reglas de adyacencia o vecindad a esa complejidad, complejidad que incluso pasa desapercibida para tecnologías consolidadas como la fotogrametría (técnica que consiste en tomar fotografías de un terreno para generar modelos 2D o 3D) y la fotointerpretación (analizar fotografías aéreas para identificar y deducir las características de los objetos y del área fotografiada). Así como a la ecología de paisajes, climatología, análisis morfométrico de aguas y suelos, geomorfología e hidrogeología (Akin Ateş et al., 2022).

Por otro lado, con la persistencia a lo largo del tiempo, es decir, la capacidad de mantenerse vigente sin comprometer el futuro, es decir, existir en el presente sin comprometer la persistencia de las futuras generaciones. Está asociada con el valor de un determinado arreglo ecológico, es decir, la capacidad en términos de producción biológica. Cuando se tiene en cuenta el papel de los ecosistemas en la reproducción humana, la fragilidad de los ecosistemas y de las formas de vida de muchas poblaciones (debido a los impactos negativos que el uso excesivo de recursos está causando en la biosfera), obliga a orientar el concepto de sostenibilidad más hacia la conservación equilibrada de la naturaleza, que hacia los términos de sostenibilidad productiva (Badiei et al., 2021).

Para el análisis de la estabilidad o capacidad de resistencia del conjunto, es esencial el orden en el territorio. Se considera que existen tres tipos básicos de orden: geométrico, se refiere a las formas geométricas primarias o figuras lisas; fractales para las figuras fragmentada o aparentemente irregular, que se repite a diferentes escalas; figuras específicas o trazos,

delimitado por el ser humano con base en intereses específicos y un orden conceptual distinto al geométrico (Arseniou y MacFarlane, 2021).

Por tanto, la sustentabilidad requiere una gran capacidad de adaptación, en consonancia con la gran variabilidad temporal y espacial de los sistemas ecológicos. Requeriría una producción que permita la permanente evolución de un sistema cultural que garantice el bienestar de toda la población. Entre los sistemas técnicos culturales surgidos en las diversas civilizaciones en el planeta, algunos de los cuales probablemente aún no han surgido para alcanzar la máxima eficiencia. Las ciudades pueden desempeñar un papel estratégico como sistemas integradores o “sistemas de sistemas”, capaces de fomentar nuevas relaciones equitativas de los seres humanos con la naturaleza y entre sí mismos (Jain, 2021).

3. Integración de la geometría fractal en el análisis de sustentabilidad urbana

En la integración de los dos conceptos se requiere de los siguientes elementos: i) disponibilidad de la información espacial referida a cada dimensión; ii) la selección de dimensiones clave asociadas a los principios de sustentabilidad y que puedan representarse mediante indicadores aplicables al contexto urbano; iii) el desarrollo de una función que establezca la relación entre el interés de sustentabilidad evaluado y las dimensiones con información espacial. Por ende, el concepto de fractalidad varía dependiendo del fenómeno o área de interés, lo que permite su ajuste flexible a diferentes contextos territoriales, evitando una visión exclusivamente horizontal del fenómeno fractal (Figura 1).

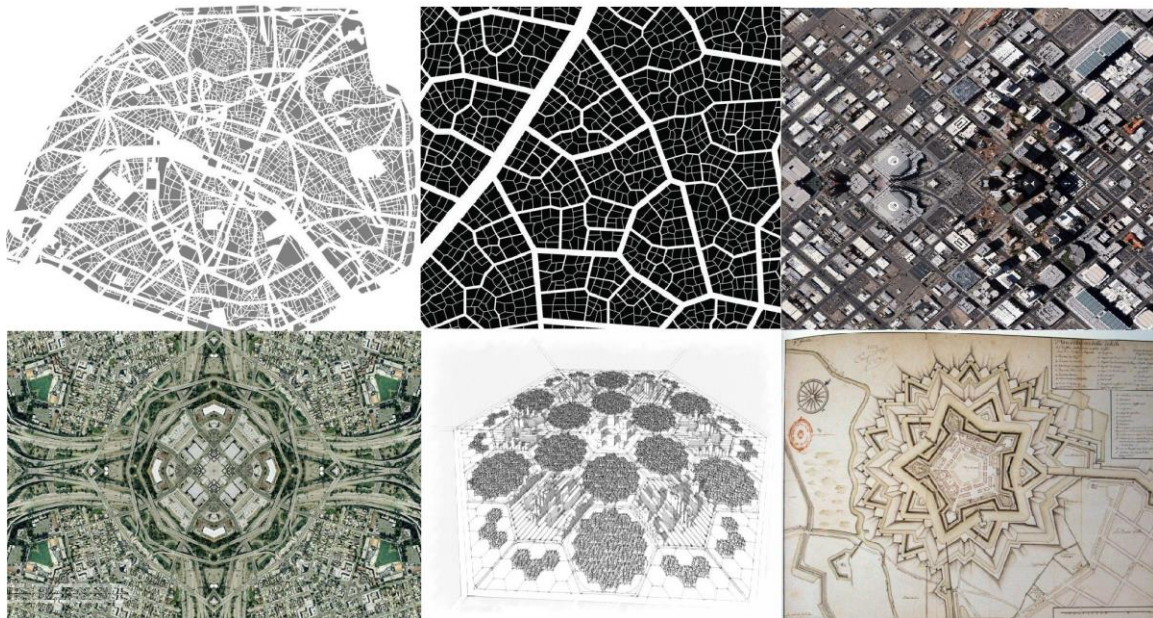


Figura 1. Ejemplo de Ciudades Fractales

Fuente: Elaboración propia.

La figura 1 muestra la presencia de estructuras fractales en la arquitectura y el tejido urbano, ha generado diferentes acercamientos en el ámbito de la sustentabilidad urbana. La mayoría de ellos basados en la geometría fractal a través de diferentes técnicas y mediciones dentro del ámbito de la morfología urbana. Existe una brecha respecto a estudios clásicos, que suelen limitarse a la observación del fenómeno sin incidir en la toma de decisiones de los responsables del diseño y del territorio (Aquino y Aguilar, 2022).

La distribución mundial de la urbanización y la complejidad involucrada en este proceso constituyen interrogantes centrales de las Ciencias Urbanas. La Geografía Urbana ha intentado explicar la hipótesis conocida como fractalidad urbana, propuesta por diversos autores a la morfología fractal de nuestras ciudades. Es una línea teórica que incorpora la Teoría del Caos, que se relaciona con aspectos intangibles de organización territorial a un medio urbano en forma compleja y difícil de predecir. Como el cambio climático o las transformaciones en el uso del suelo a nivel local con el proceso de sustentabilidad (Beškovnik y Bajec, 2021).

Por ello, la sustentabilidad implica sistemas viables que reconozcan su fragilidad: termodinámicamente, reduzcan la cantidad entre el sistema y el ambiente para que este soporte la disipación máxima. Maximicen la cantidad eficaz en vez de la cantidad total, minimicen el suministro máximo para mantener activo al conjunto y reduzcan al mínimo los gastos generales de operación, y garantice la renovación en lugar de que agote el recurso, entre otras (Khan et al., 2021).

De ahí que es fundamental enfocar el análisis espacial desde la perspectiva dinámica multifactorial y extremadamente ramificada, en un marco general de aplicaciones restringidas al campo. El desarrollo de una estructura espacial con las características como estructurada, fragmentada, yuxtapuesta, discontinua y distribuida, que a la vez exige un análisis de atributos en cada región que determinará propiedades homogéneas dentro de aquella. Variables que no son necesariamente las del vector de soporte espacial, como es el caso de la estructura con fractalidad del plano de referencia, para obtener información de la morfología de las regiones. De esta forma, el enfoque a seguir debe ser multidisciplinario, multifactorial, para lograr mayor precisión, es necesario un análisis que integre múltiples factores y el concepto de las similitudes de patrones espaciales (Dong et al., 2022).

4. Aplicación fractal en la ciudad

Las estructuras fractales comparten la misma propiedad de heterogeneidad fundamental. Como una ciudad, o como un conjunto de pueblos y ciudades, la distribución de su masa en el espacio nunca es uniforme, ni completamente densa ni totalmente dispersa. Sin embargo, esta distribución fragmentada no es puramente aleatoria, ya que los objetos fractales se estructuran siguiendo un principio central de organización, la autosimilitud a lo largo de las escalas, lo cual representa una propiedad especialmente útil para los estudios de geografía urbana (Piferi et al., 2021).

Numerosas evidencias demuestran que las ciudades, en su forma orgánica e irregular, reflejan principios fractales tanto en la forma en que llena el espacio disponible para ellas a

medida que evolucionan en el tiempo, como en los patrones que crean. Estos procesos de llenado del espacio incluyen cómo se producen nuevos desarrollos cerca de sitios ya desarrollados, cómo los sitios previamente desarrollados se modifican para adaptarse al crecimiento, cómo el deseo de los individuos de espacio abierto, y el acceso a servicios se amplía hasta el patrón fractal. Los patrones incluyen la distribución del tamaño del entorno construido, incluidos los edificios, conjuntos habitacionales y redes viales. Los conceptos fractales se han aplicado principalmente como una herramienta analítica para caracterizar e interpretar áreas urbanas y han llevado a avances en los modelos de simulación urbana (Jahanmiri y Parker, 2022).

Las estructuras fractales se caracterizan por la repetición del mismo principio de distribución a distintas escalas. Este principio se manifiesta a través de distribución de elementos en una multitud de escalas. Las formas fractales simuladas se construyen a partir de la iteración de un patrón dado de puntos, curva o superficie, en infinitas escalas, ya sea multiplicando o dividiendo su masa por una cantidad fija en cada iteración del proceso. Pero, el mismo modo de distribución espacial no siempre significa la misma forma: esto sólo ocurre en el caso de patrones teóricos como el Triángulo de Sierpinski o el Helecho de Barnsley (Figura 2). Considerando las ciudades, algunos principios básicos de interacción que involucran precios del suelo o accesibilidad, entre otras. Conducen a distribuciones espaciales de elementos que parecen aparentemente diferentes, pero que en realidad son similares en términos de la forma en que los lugares libres y ocupados se alternan a través de las escalas (Principi, 2022).

Un resultado de la propiedad de autosimilitud de los fractales es la distribución espacial jerárquica regular de los elementos a través de las escalas, lo que caracteriza la distribución de los lugares centrales: la autosimilitud y la heterogeneidad (concentración local de elementos) que conducen a patrones de centro-periferia.

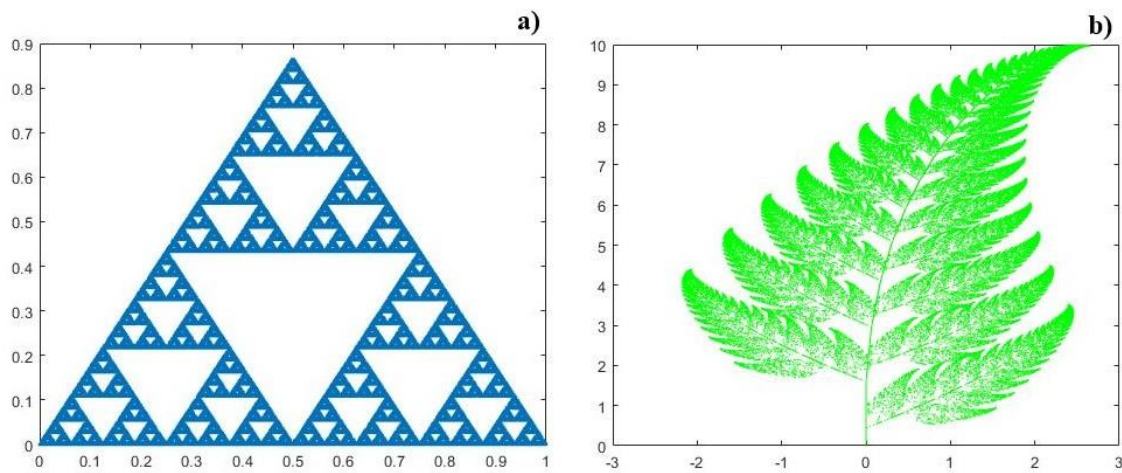


Figura 2. a) Triángulo de Sierpinski. b) Helecho de Barnsley.

Fuente: Elaboración propia con Matlab.

La autosimilitud es una propiedad que se asocia muy a menudo a efectos de escala, produciendo gradientes o jerarquías espaciales regulares. Un ejemplo bien conocido es el gradiente que describe la intensidad del uso del suelo que caracteriza la estructura interna de las ciudades (López et al., 2021). Este gradiente forma una curva exponencial para describir la disminución regular de las densidades de población o de los precios del suelo desde el centro de la ciudad hacia la periferia. La densidad $\rho(r)$ a una distancia r del centro, que tiene una densidad máxima $\rho(0)e^{-br}$, puede expresarse con la ecuación (1).

$$\rho(r) = \rho(0)e^{-br} \quad (1)$$

Con $b > 0$. Esta distribución espacial de densidades locales también puede aproximarse mediante una ley hiperbólica (es decir, una ley de potencia inversa), ecuación (2).

$$\rho(r) = \rho(0)e^{-a} \quad (2)$$

El valor estimado de a depende del tamaño y del número de subregiones. El valor absoluto de los parámetros a o b mide la velocidad según la cual la densidad disminuye con la distancia, se conoce como gradiente de densidad urbana. Ambos modelos se refieren a una distribución no lineal sino regular de la masa (de población, pero también se aplica a las áreas construidas, a los alquileres) en el espacio urbano. Las densidades disminuyen más rápidamente que proporcionalmente a la superficie cuando se consideran los anillos

exteriores más alejados del centro de la ciudad. La rapidez de esta disminución es regular y se mide mediante parámetros (b en el modelo exponencial de la ecuación (1), a en el modelo mostrado en la ecuación (2)) que tienen un valor constante para todas las estructuras urbanas.

La independencia de los parámetros a y b respecto de la distancia al centro de la ciudad es una característica importante que también existe en las estructuras fractales. Corresponde al proceso de iteración matemática que las genera. Generalmente se resume mediante una medida llamada dimensión fractal. Batty y Kim (1992) han demostrado que existe una equivalencia estricta entre el parámetro a del modelo mostrado en la ecuación (1) y la dimensión fractal D , que se relacionan mediante la expresión matemática $D + a = 2$. D y a se diseñan como exponentes de escala.

La dimensión fractal D de un patrón urbano se puede obtener contando el número de elementos edificados (o población residente) en varias escalas y luego ajustando una ley fractal. Dicha ley se puede escribir de la siguiente manera:

$$N(\varepsilon_i) = c + \varepsilon_i^D \quad (3)$$

donde c es una constante, ε_i , el nivel de análisis (e.i. la distancia considerada entre los elementos), N el número de elementos contados.

El modelo de la ecuación (1) expresa el hecho de que los elementos más grandes de una distribución estadística son mucho menos numerosos que los más pequeños y el parámetro a es una medida de la desigualdad de la distribución de los elementos con respecto a su número y su tamaño, llamado modelo de Pareto. Aplicado a las densidades urbanas se acerca a una ley fractal porque considera una distribución espacial heterogénea de los elementos, al igual que una ley fractal. Pero la dimensión fractal de un patrón es un indicador de la heterogeneidad de una distribución espacial, a una multitud de escalas, mientras que el modelo de Pareto es no escalar (o uniscalar) (Abdou y Alkama, 2022).

Por tanto, se requiere una precisión: incluso si la función de densidad puede derivarse de una organización espacial de naturaleza jerárquica, no sería el caso inverso. En otras

palabras, si se observa una jerarquía, entonces es posible determinar un gradiente que describe (mide) el cambio entre un nivel y otro. Pero la existencia de un gradiente no implica necesariamente una organización espacial jerárquica. Un gradiente es un enfoque puramente descriptivo que no se basa en un modelo explicativo ni en un marco teórico subyacente. Básicamente, un gradiente es la derivada del cambio incremental de algo (Yang et al., 2021).

En el caso del modelo de Pareto aplicado a las densidades urbanas, la formalización se refiere implícitamente a un modelo radioconcéntrico de la ciudad. La diferencia con una distribución fractal de elementos es la naturaleza geométrica explícita de dicho modelo, que es intrínsecamente jerárquico (Wang y Sun, 2024).

En otra escala de análisis, las leyes de potencia inversa también se utilizan con mucha frecuencia para modelar la organización jerárquica de los sistemas urbanos. Conocida como la regla de tamaño de rango de Zipf, este modelo describe la distribución del número de pueblos y ciudades según el tamaño de su población como una función de Pareto. Según la notación de Zipf, la población P_i de un pueblo o una ciudad está inversamente relacionada con su rango R_i en el sistema de ciudades mediante una ley de potencias mostrado en la ecuación (4) (Kafri, 2023).

$$P_i = k/R_i^a \quad (4)$$

La ley de Zipf es obviamente una ley hiperbólica, en ese caso se puede derivar la misma analogía con una distribución fractal. En uno de los primeros artículos sobre fractales en geografía (Frankhauser y Pumain, 2022) se sugiere que la geometría de los lugares centrales es un subconjunto de la geometría fractal, y que un proceso fractal iterativo podría generar todos los sistemas posibles de lugares centrales. Lo ha demostrado para los modelos de Christaller y ha aplicado mediciones de dimensión fractal al sistema francés de pueblos y ciudades (Frankhauser, 2021).

En este contexto, es necesario hacer una aclaración sobre lo que se denomina la estructura jerárquica de un sistema geográfico. Un primer significado de este término es que un

conjunto de objetos geográficos (subsistemas) se diferencian fuertemente por su tamaño (que puede medirse por el número de elementos más pequeños que contiene cada subsistema). Este efecto de escala puede expresarse mediante una distribución estadística que sigue una ley de potencias o medirse por una única dimensión fractal que puede caracterizar a todo el sistema (Wang et al., 2021).

Un segundo significado de un sistema jerárquico se basa en el concepto de escala geográfica. Los objetos geográficos pueden definirse como estructuras multiescalares y sus relaciones pueden observarse de manera significativa en diferentes escalas de análisis porque las propiedades significativas aparecen solo en niveles de observación determinados.

Por ejemplo, un sistema urbano puede conceptualizarse en tres niveles: a escala individual, hay actores o agentes urbanos (como residentes, empresas, organismos políticos otros grupos) que, a través de sus interacciones, generan lo que se llama una "ciudad", o sea, un objeto geográfico diferente cuyas propiedades agregadas no pueden derivarse simplemente de la mera adición de características. Del mismo modo, las ciudades en interacción definen en un tercer nivel de observación un nuevo tipo de objeto geográfico conocido como "red urbana" o "sistema de ciudades", que se caracteriza por nuevas propiedades emergentes (como la estructura jerárquica según la ley de Zipf y la primera definición).

En ese sentido, aunque las estructuras fractales se pueden observar en ambos casos, las dimensiones fractales no son las mismas: mientras que sus valores suelen estar comprendidos entre 1 y 2 a nivel de ciudad, oscilan entre 0 y 1 para los sistemas de ciudades. Esto refleja dos formas diferentes de estructurar el espacio geográfico, con diferentes propósitos en términos de ubicación e interacción, la organización intraurbana de actividades por un lado y las conexiones interurbanas por otro (Batty, Longley, 1994).

Si se considera únicamente la organización espacial intraurbana, a menudo se puede observar la combinación de diferentes tipos de comportamientos fractales a diferentes

escalas de análisis. En la práctica, no es fácil separar las fluctuaciones locales, más o menos aleatorias, en torno a una dimensión fractal estimada, es decir, una combinación sistemática de diferentes procesos puede conducir a la multifractalidad. No obstante, es probable que métodos adaptados mejoren nuestra comprensión de estos casos complejos. Varios aspectos del crecimiento urbano concuerdan perfectamente con la descripción fractal de las ciudades. La primera y más sencilla observación que se puede hacer es que, cuanto más se extiende una ciudad en superficie, más fragmentada y desmenuzada parece como se ilustra en la figura 3, que es la Ciudad de Toluca en el año 2010.



Figura 3. Ciudad de Toluca en el año 2010.

Fuente: Elaboración propia con Matlab.

La segunda observación ha surgido de estudios que relacionan la superficie construida de un conjunto de áreas urbanas con la longitud de su borde. Si esas áreas fueran simples objetos geométricos, su borde estaría caracterizado por la dimensión 1 y su superficie por la dimensión 2. Aunque la relación observada entre borde y superficie fuera regular, la

relación entre superficie y borde era aproximadamente 1.05, lo que contradice la geometría euclidiana y corresponde a la geometría fractal.

Este fenómeno se explica por el propio alargamiento del borde urbano, que tiende a cubrir completamente el espacio, cerca de un plano. Además, es posible trazar un paralelo con las observaciones relacionadas con la evolución de las ciudades. Ello porque sabemos que a una distribución espacial específica de las actividades corresponde una manera específica de actuar de las personas en ese espacio. En ese sentido, el alargamiento mismo de la frontera urbana puede ser en parte resultado del hecho de que cada persona que vive en una zona suburbana quiere vivir cerca de una zona verde. De hecho, algunos ejemplos de planes urbanos fueron concebidos siguiendo el principio de que cada edificio debería estar conectado tanto a la red de transporte como a una zona verde.

Al implementar esto de manera fractal, se busca que toda la población tenga acceso cercano a zonas verdes sin perder demasiado tiempo en llegar a otros servicios más centrales. Esta idea de que cada edificio es parte de la frontera de toda el área urbana corresponde exactamente a la geometría fractal de las alfombras de Sierpinski (Figura 2a) y muestra como estas estructuras tienden a descomponerse en elementos aislados, aunque formen grupos, una estructura donde el perímetro se incrementa indefinidamente, aunque la superficie total disminuya (Jiménez-López y López-Rivera, 2023).

La sinuosidad de la frontera urbana proporciona una manera de mejorar la accesibilidad de la población a los servicios. Pero la sinuosidad de la frontera urbana es también una propiedad de los patrones urbanos que surgen del comportamiento de los residentes. Los residentes de un área urbana tienden a preservar esta propiedad impidiendo que otras personas se instalen cerca de su casa y obstaculizando su acceso a las áreas verdes. Estas observaciones apoyan la hipótesis que las interacciones entre la planificación urbana y los procesos de autoorganización conducen a las ciudades fractales (Frankhauser, 2021; Zhang et al., 2022).

Existen analogías obvias entre el carácter incremental de la evolución urbana y la forma en que se generan las formas fractales, a través de procesos matemáticos iterativos. Al relacionar las leyes de escala de los patrones residenciales en tres ciudades mexicanas con el grado con que se llena el espacio y la velocidad a la que se ocupa, comparando las dimensiones fractales observadas y las resultantes de un proceso estocástico de difusión (modelo de agregación limitada por difusión). Como los objetos fractales pueden generarse mediante procesos dinámicos no lineales, un programa de investigación fructífero es identificar posibles procesos sociales que conduzcan a diferentes formas urbanas y simular cómo pueden generar patrones fractales o no (Garrocho et al., 2021).

Las aplicaciones de la geometría fractal en el ámbito urbano son hoy demasiado numerosas para poder analizarlas en su totalidad en este artículo. El uso más frecuente de la dimensión fractal en geografía urbana ha implicado la medición de las dimensiones fractales de los patrones urbanos, con el objetivo de encontrar nuevas descripciones de la variedad de morfologías urbanas. La morfología de los patrones urbanos se analiza siguiendo los principios de la geometría fractal. Este análisis se basa principalmente en el estudio de la superficie edificada de las ciudades, la forma y longitud de sus fronteras (Saganeiti et al., 2021).

Se pueden tener tres principales resultados. i) La verificación de la naturaleza jerárquica de la estructura espacial y la caracterización de esta jerarquía. ii) La identificación de umbrales en la organización espacial de la ciudad. iii) La determinación del número de diferentes tipos de organización espacial (por ejemplo, agrupaciones edificadas conectadas y débilmente jerárquicas cuando se considera una ventana de análisis de longitud de 0 a 200 metros, luego agrupaciones edificadas no conectadas y más jerárquicas para una ventana de análisis mayor de 200 metros). Estos resultados podrían estar relacionados con la multifractalidad de una estructura urbana (Garrocho et al., 2021).

Las medidas de dimensión fractal son un buen instrumento para una comparación global de la morfología de las ciudades. Las dimensiones fractales cercanas a 2 reflejan ciudades

muy poligénicas caracterizadas por sus fuertes gradientes de densidad desde el centro de la ciudad hacia la periferia (dimensiones fractales entre 1 y 2, pero más cercanas a 1). Sin embargo, el número de medidas comparables no es suficiente para obtener una clasificación clara de las ciudades de las diferentes partes del mundo. Además, los resultados obtenidos por el análisis fractal dependen en gran medida de los métodos de generalización de los mapas que representan las superficies construidas que se utilizan para la medición de la dimensión fractal (Frankhauser, 2021).

Además del análisis estático de las formas urbanas, el análisis temporal de las dimensiones fractales puede arrojar luz sobre el proceso de crecimiento urbano. El estudio de la evolución de las dimensiones fractales de una ciudad a lo largo del tiempo muestra cómo el patrón urbano se autoorganiza progresivamente, siguiendo un gradiente de centro a periferia. La estructuración de las áreas periféricas suele producirse mucho tiempo después de la aparición de los primeros edificios en los suburbios. Una serie de análisis fractales de patrones urbanos a lo largo del tiempo han demostrado que el espacio urbanizado está cada vez más fuertemente organizado en torno a un conjunto central. Además, la urbanización va acompañada de un proceso de autoestructuración que se manifiesta en la regularidad creciente de las curvas resultantes del análisis fractal, a pesar de la morfología fragmentada de los patrones urbanos (Frankhauser y Pumain, 2022).

El análisis y medición de las morfologías urbanas ha llevado a la concepción de modelos urbanos que simulan el crecimiento urbano y son capaces de reproducir las propiedades observadas de los patrones espaciales urbanos (Saganeiti et al., 2021). En ese campo de aplicación, los fractales tienen dos tipos diferentes de contribuciones. Pueden utilizarse para controlar los resultados de las simulaciones y ayudan a definir si los resultados son realistas o no (Roura et al., 2021).

Los fractales también pueden utilizarse como principios básicos para generar formas urbanas (Jiménez-López, 2019). Los autómatas celulares se utilizan con frecuencia como herramienta de simulación para modelar el crecimiento urbano o los cambios en el uso del

suelo, mientras que los modelos de crecimiento físico disponibles podrían sustituirse de forma rentable por modelos más detallados y realistas de evolución espacial que aborden los procesos sociales.

Como ejemplo, una imagen rasterizada de un patrón urbano formado por dos tipos de píxeles: negros que representan espacios edificados y blancos que representan espacios no edificados. Se aplica a la imagen un modelo iterativo de crecimiento fractal (Jiménez-López, 2019). En cada paso de iteración, aparecen nuevos píxeles edificados bajo la restricción de que su ubicación sea compatible con la naturaleza fractal del patrón simulado. Se han integrado en el modelo otras restricciones no fractales, acelerando, ralentizando o impidiendo la aparición de las áreas edificadas (equipamiento urbano, declive del terreno, leyes de construcción, lugares de recarga de agua, entre otras. En la ciudad de Toluca, el modelo simulado mostraba una morfología global semejante a la ciudad en años anteriores. Pero localmente, los patrones simulados y los reales podían ser muy diferentes (Garrocho et al., 2021).

Siguiendo la misma dirección, sería particularmente interesante proporcionar varios modelos de crecimiento fractal que permitieran la simulación de patrones urbanos con características bien diferenciadas. Así, sería posible simular diferentes evoluciones concebibles de un patrón urbano original, correspondiendo cada una de las simulaciones a una visión particular del proceso de urbanización (por ejemplo, intensificación o expansión urbana, jerarquía creciente o decreciente, entre otros muchos factores).

El análisis de las imágenes tiene como objetivo explorar la capacidad de las medidas fractales para caracterizar el proceso de expansión urbana. El objetivo es proporcionar un conjunto de análisis que puedan utilizarse para comparar las realidades urbanas de una variedad de ciudades utilizando una herramienta metodológica única.

5. Método de análisis

Para este trabajo se desarrolló una herramienta diseñada para calcular la dimensión fractal de patrones urbanos en Matlab. El primer ejemplo de su uso se realiza con la ciudad de Toluca. La elección de esta ciudad es debido a que es la quinta ciudad más grande y capital de Estado de México, la entidad más poblada del país.

El análisis se realizó paso a paso siguiendo un principio de iteración. En cada paso, el análisis consistió en contar los píxeles negros (edificaciones), los cuales se incrementan en cada iteración. Al hacer esto, se cambia artificialmente el nivel de análisis de la imagen. Por lo tanto, para cada análisis se tiene dos elementos que varían según el paso de conteo (paso de iteración). i) la cantidad de elementos contados (que es aproximadamente la cantidad de píxeles negros presentes) (N).

Esto genera una serie de puntos que pueden representarse en un gráfico cartesiano. El eje de las ordenadas corresponde al número de elementos contados (N) y el eje de las abscisas corresponde al tamaño de la caja de conteo o al tamaño del elemento de referencia que aumenta de paso a paso (Figura 4).

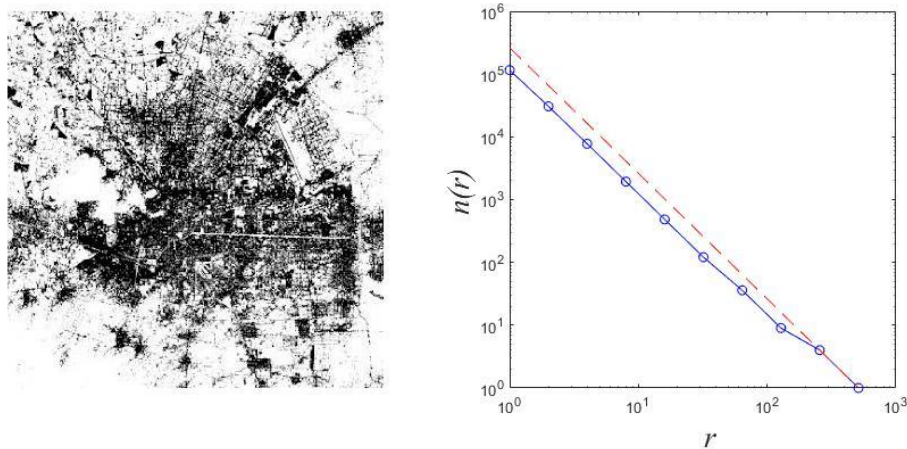


Figura 4. Cálculo de la dimensión fractal de una imagen urbana.

Fuente: Elaboración propia con Matlab.

Matemáticamente, la serie de puntos es una curva (llamada curva empírica). Se ajusta esta curva empírica con otra, la curva estimada de una proyección. La curva estimada debería ajustarse a una ley de potencia, que puede ser representada por funciones hiperbólicas en algunos casos.

Dado que, la imagen urbana no representa un fractal puro (no es una función continua sino discreta y finita), solo es posible aproximarse a la ley fractal. Esto explica por qué no se estima directamente la ley fractal sino una generalización de ella. La calidad de la estimación se cuantifica utilizando un coeficiente de correlación. Si el ajuste entre las dos curvas (la empírica y la estimada) es malo, es posible lo siguiente: el patrón en estudio no es de naturaleza fractal o es de naturaleza multifractal. En el segundo caso, la curva empírica debe dividirse en varias porciones, cada una de las cuales corresponde a una curva estimada diferente (i.e. según la porción de curva considerada, la regresión no lineal da valores diferentes para los parámetros).

Se destaca que las estimaciones de la dimensión fractal de una estructura son el resultado de un proceso empírico. De hecho, es posible obtener una gran variedad de estimaciones de la dimensión fractal a partir de una única curva empírica. Diferentes opciones metodológicas conducen a diferentes estimaciones de la dimensión fractal. Esto debe considerarse al interpretar los resultados obtenidos.

Al estudiar la evolución de la forma de la ciudad de Toluca, se utilizaron dos tipos de enfoques metodológicos que aportan perspectivas complementarias para caracterizar la fractalidad de los patrones urbanos. El primer método es el cálculo de la dimensión fractal de las imágenes mediante el uso del análisis de correlación. El segundo se basa en una transformación iterativa de las imágenes (dilatación paso a paso) y una representación gráfica bidimensional de variables asociadas a las imágenes transformadas en cada iteración. Este segundo enfoque no proporciona ningún cálculo de la dimensión fractal, sino que es el resultado de un razonamiento multiescalar sobre una naturaleza fractal típica.

6. Resultados

Se analizó la relación entre la dimensión fractal y el crecimiento urbano para el caso de la ciudad de Toluca, México. Específicamente, se utilizaron las áreas urbanizadas de la zona urbana de Toluca de dos períodos de tiempo 2010 y 2020. Las áreas urbanizadas, que se mostraron en la Figura 3, se obtuvieron del satélite Landsat 8 en los dos tiempos de captura y convertidas en imágenes raster binarias (blanco y negro) conforme a los requerimientos del algoritmo fractal. Estas imágenes urbanas se sintetizaron a partir de múltiples capas en el mapa, pendientes, equipamiento urbano, zonas de recarga de agua, información digital georreferenciada sobre el uso de suelo y cartografía vectorial digital con escalas que van desde 1:12 000 a 1:250 000.

Las áreas urbanizadas de la ciudad de Toluca crecieron sustancialmente en el transcurso de 10 años, por lo que la relación positiva entre las áreas urbanizadas y la dimensión fractal indica que la dimensión fractal es una medida razonablemente buena del crecimiento espacial urbano. La calidad del ajuste en cada año se refleja en los valores de varianza explicada mejora de manera consistente desde 0.7435 en 2010 hasta 0.8671 en 2020. Esta variación temporal se muestra en la Figura 5. Si bien la inexactitud de la estimación del conteo de cajas es bien conocida, la diferencia observada sugiere que el algoritmo de conteo de cajas ofrece mayor precisión en áreas urbanizadas más desarrolladas.

La figura 5 muestra que las áreas urbanizadas de Toluca, aumenta de manera constante para el año 2020. La tasa de crecimiento fue relativamente constante durante el periodo 2010-2020. Un crecimiento más lento se produjo en años anteriores a este periodo por observaciones realizadas en la calibración del modelo. La tendencia proyectada para 2030 también muestra una correlación positiva se puede ver claramente en la figura 6. La dimensión fractal no siempre presenta una correspondencia lineal positiva con el crecimiento poblacional o disminución de la población.

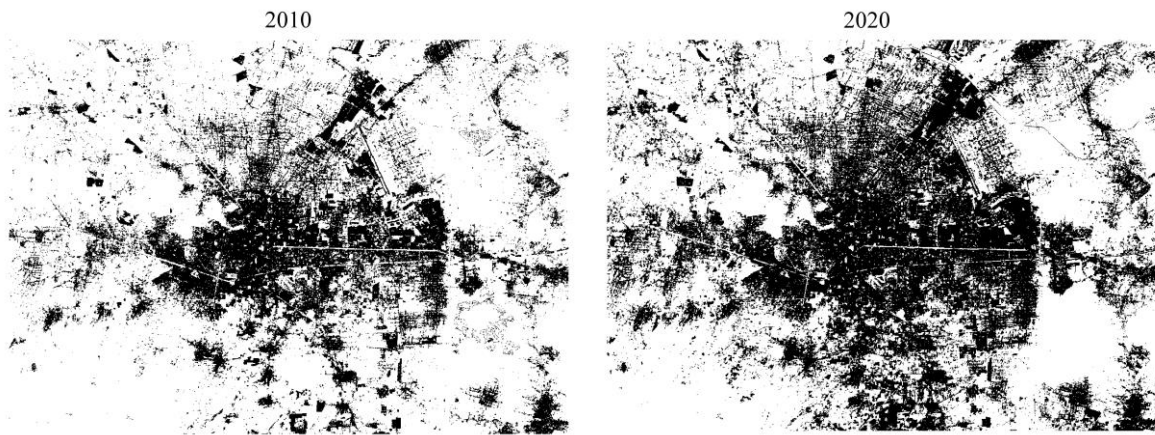


Figura 5. Ciudad de Toluca 2010-2020.

Fuente: Elaboración propia.

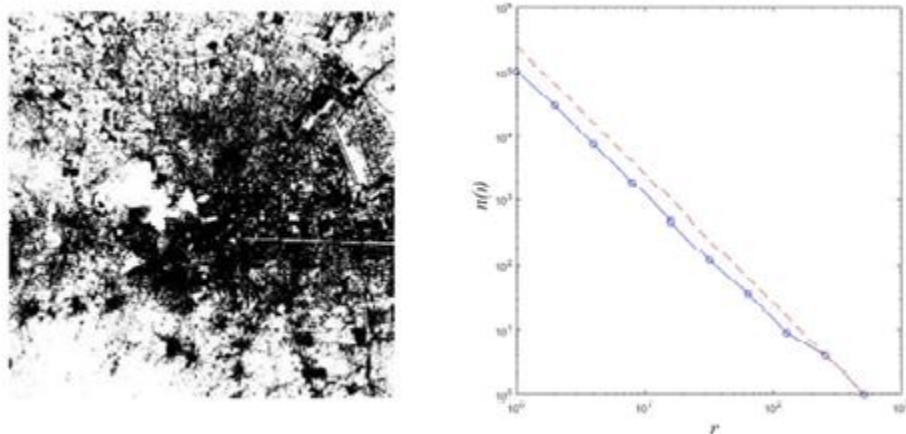


Figura 6. Ciudad de Toluca 2030, Dimensión fractal.

Fuente: Elaboración propia con Matlab.

7. Conclusiones

Evaluar los principales beneficios del uso de fractales en geografía no es una tarea sencilla, y de manera más general, en las ciencias sociales. La incorporación del enfoque fractal es relativamente reciente en la literatura geográfica, y probablemente en breve se obtendrán conocimientos más profundos a medida que los estudios se vuelvan más numerosos y sistemáticos. La principal ventaja de la geometría fractal es proporcionar un modelo de

referencia que resulta más adecuado que la geometría euclidiana a la descripción de las formas espaciales creadas por la sociedad.

Las características de heterogeneidad, autosimilitud y jerarquía están incluidas desde el principio en las estructuras fractales. Al comparar los patrones espaciales observados con la geometría euclidiana, estas propiedades se presentan como desviaciones relevantes respecto a los modelos tradicionales que especifican los sistemas sociales, mientras que la comparación directa con los modelos fractales puede revelar características específicas que aún no se han notado. Otra propiedad muy importante de los fractales, aunque aún no completamente explorada, es su relación con los mecanismos generativos no lineales subyacentes. El diseño y uso en simulación de modelos que vinculen explícitamente el comportamiento individual o los microprocesos con la aparición de morfologías fractales en niveles superiores de observación mejoraría enormemente la comprensión de tales formas y permitiría una exploración más sistemática de su estabilidad, límites y fundamentos.

Se pueden enumerar algunas de las muchas preguntas que permanecen parcial o totalmente sin resolver en este momento. ¿Cuál sería un índice de la fractalidad de la ciudad en estudio? Por la homogeneidad, una ciudad perfectamente compacta no es fractal, como tampoco lo son los suburbios que estarían homogéneamente dispersos. ¿cómo deberían interpretarse las variaciones en el grado de fractalidad? Las dimensiones fractales pueden compararse, ya que son estructuras urbanas muy bien delimitadas que pueden ser diferentes mientras muestran la misma dimensión fractal. Las propiedades fractales urbanas no se conocen lo suficientemente bien hasta ahora como para dar una interpretación verdaderamente consistente.

La integración de diversas métricas puede contribuir a determinar si la fractalidad se explica mejor relacionándola con diferentes escuelas de urbanismo (distintas corrientes de pensamiento sobre la morfología urbana) o con pasos sucesivos en el proceso de urbanización. Resulta pertinente explorar la posible relación entre calidad de vida urbana y el grado de fractalidad de la forma urbana, ¿Sería más relevante para las políticas, en lugar

de distinguir entre compacidad, dispersión urbana, diferenciar entre ciudades fractales y no fractales?

Como lo sugieren las aplicaciones a la geografía urbana, los fractales también pueden usarse en arqueología para el estudio de las estructuras espaciales como los edificios, las redes de transporte y el uso del suelo. Esto podría ofrecer referencias valiosas como la velocidad de construcción, alcance espacial, posible extensión, jerarquía y diferenciación de las ciudades. Un problema importante es obtener una mejor cartografía de las supuestas estructuras fractales y poder compararlas a un nivel de resolución determinado y bien identificado.

Más aún, la comparación de las estructuras espaciales de años anteriores a la actualidad podría ayudar a identificar los procesos sociales que están detrás de su forma. Lo anterior plantea la necesidad de investigaciones interdisciplinarias, entre disciplinas como la geografía, el análisis espacial, la economía, demografía, ciencias computacionales y matemáticas, entre otras tantas.

8. Conflictos de interés

Los autores de esta investigación declaran bajo protesta de decir la verdad que este es un trabajo original y que no existen conflictos de interés.

9. Referencias

- Abdou, A., y Alkama, D. (2022). Study of the Spatial Growth Factors by the use of the Fractal Analysis Case Study City of Biskra. *International Journal of Innovative Studies in Sociology and Humanities*, 7(2), 1-12. <https://doi.org/10.20431/2456-4931.0702001>
- Akın Ateş, M., Suurmond, R., Luzzini, D., y Krause, D. (2022). Order from chaos: a meta-analysis of supply chain complexity and firm performance. *Journal of Supply Chain Management*, 58(1), 3-30. <https://doi.org/10.1111/jscm.12264>

- Aquino, V. H., y Aguilar, A. G. (2022). La verticalización corporativa del espacio urbano en la Ciudad de México (1940-2018). *Revista de Geografía Norte Grande*, (81), 161-182. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022022000100161>
- Arseniou, G., y MacFarlane, D. W. (2021). Fractal dimension of tree crowns explains species functional-trait responses to urban environments at different scales. *Ecological Applications*, 31(4), e02297. <https://doi.org/10.1002/eap.2297>
- Badie, N., Almodaresi, S. A., y Hosein, S. M. (2021). A systematic review of fractal theory and its application in geography and urban planning. *International Journal of Applied Arts Studies (IJAPAS)*, 6(3), 59-77. <http://ijapas.ir/index.php/ijapas/article/view/325>
- Batty, M., y Sik, K. (1992). Form follows function: reformulating urban population density functions. *Urban studies*, 29(7), 1043-1069. <https://doi.org/10.1080/00420989220081041>
- Batty, M., y Longley, P. A. (1994). *Fractal cities: a geometry of form and function*. Academic press. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.5555/179240>
- Batty, M., y Xie, Y. (1996). Preliminary evidence for a theory of the fractal city. *Environment and Planning A*, 28(10), 1745-1762. <https://doi.org/10.1068/a281745>
- Beškovnik, B., y Bajec, P. (2021). Strategies and approach for smart city–port ecosystems development supported by the internet of things. *Transport*, 36(5), 433-443. <https://doi.org/10.3846/transport.2021.16194>
- Dong, J., Jiang, H., Gu, T., Liu, Y., y Peng, J. (2022). Sustainable landscape pattern: a landscape approach to serving spatial planning. *Landscape Ecology*, 1-12. <https://doi.org/10.1007/s10980-021-01329-0>
- Ferrer, G., y Vélez-Santiago, A. (2023). 3D Koch-type crystals. *Journal of Fractal Geometry*, 10(1), 109-149. <https://doi.org/10.4171/JFG/130>
- Frankhauser, P. (2021). Fractal geometry for analyzing and modeling urban patterns and planning sustainable cities. In *Handbook on cities and complexity* (pp. 154-175). Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781789900125.00016>

- Frankhauser, P., y Pumain, D. (2022). Fractals and geography. *Machine learning and the city: Applications in architecture and urban design*, 31-55. <https://doi.org/10.1002/9781119815075.ch3>
- Garrocho, C., Chávez, T., y Jiménez-López, E. (2021). Autómata Celular Metro-NASZ: laboratorio experimental de expansión urbana. CONAPO, La situación demográfica de México, 149-175. <https://www.gob.mx/conapo/documentos/la-situacion-demografica-de-mexico-2021>
- Girón, D., y Cisneros, E. (2022). Reflexiones sobre los paradigmas de la investigación científica; la geometría fractal un enfoque sistémico para la investigación interdisciplinar. *Éndoxa*, (50), 187-208. <https://doi.org/10.5944/endoxa.50.2022.24660>
- Jahanmiri, F., y Parker, D. (2022). An overview of fractal geometry applied to urban planning. *Land*, 11(4), 475. <https://doi.org/10.3390/land11040475>
- Jain, S. (2021). *Smart Connected World*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-76387-9>
- Jiménez-López, E. (2019). Cadenas de Markov espaciales para simular el crecimiento del Área Metropolitana de Toluca, 2017-2031. *Economía, sociedad y territorio*, 19(60), 109-140. <https://doi.org/10.22136/est20191324>
- Jiménez-López, E., y López-Rivera, L. A. (2023). Artificial neural networks in the application of the growth of the urban sprawl. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 11(21), 109-119. <https://doi.org/10.29057/icbi.v11i21.10565>
- Kafri, O. (2023). Zipf's law, Benford's law, and Pareto rule. *Advances in Pure Mathematics*, 13(3), 174-180. <https://doi.org/10.4236/apm.2023.133010>
- Khan, A., Chen, L. R., y Hung, C. Y. (2021). The role of corporate social responsibility in supporting second-order social capital and sustainable innovation ambidexterity. *Sustainability*, 13(13), 6994. <https://doi.org/10.3390/su13136994>
- Khan, S. A. R., Ponce, P., Yu, Z., Golpîra, H., y Mathew, M. (2022). Environmental technology and wastewater treatment: Strategies to achieve environmental

sustainability. *Chemosphere*, 286, 131532.

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131532>

Llorente, M., Mera, M. E., y Morán, M. (2023). The Centered Hausdorff Measure of the SIERPIŃSKI Gasket. *Fractals*, 31(09), 2350107.

<https://doi.org/10.1142/S0218348X23501074>

López, C., Méndez-Lemus, Y., y Medrano, J. (2021). Propuesta metodológica para analizar la segregación socio-espacial en el periurbano de ciudades intermedias en México. *Estudios Geográficos*, 82(290), e060-e060. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.202072.072>

Piferi, C., Bazaka, K., D'Aversa, D. L., Di Girolamo, R., De Rosa, C., Roman, H. E., Riccardi, C., y Levchenko, I. (2021). Hydrophilicity and Hydrophobicity Control of Plasma-Treated Surfaces via Fractal Parameters. *Advanced Materials Interfaces*, 8(19), 2100724.

<https://doi.org/10.1002/admi.202100724>

Principi, N. (2022). Modelado de expansión urbana mediante autómatas celulares y redes neuronales artificiales. *Revista Universitaria de Geografía*, 31(1), 10-12.

Roura, E., Maclair, G., Andorrà, M., Juanals, F., Pulido-Valdeolivas, I., Saiz, A., ... y Villoslada, P. (2021). Cortical fractal dimension predicts disability worsening in Multiple Sclerosis patients. *NeuroImage: Clinical*, 30, 102653. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2021.102653>

Saganeiti, L., Mustafa, A., Teller, J., y Murgante, B. (2021). Modeling urban sprinkling with cellular automata. *Sustainable Cities and Society*, 65, 102586.

<https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102586>

Sandoval-Ruiz, C. (2023). Kirigami, estructuras geométricas fractales y ondas de luz. *Revista REC Perspectiva*, 21(1), 44-58.

<https://produccioncientificaluz.org/index.php/perspectiva/article/view/40438/45965>

Wang, J., Jiang, F., Zhang, C., Song, Z., y Mo, W. (2021). Study on the pore structure and fractal dimension of tight sandstone in coal measures. *Energy & Fuels*, 35(5), 3887-3898.

<https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.0c03991>

Wang, Y., y Sun, B. (2024). The types of city size distributions and their evolution. *Cities*, 150, 105045. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.105045>

Xia, H., Liu, Z., Efremochkina, M., Liu, X., y Lin, C. (2022). Study on city digital twin technologies for sustainable smart city design: A review and bibliometric analysis of geographic information system and building information modeling integration. *Sustainable Cities and Society*, 84, 104009. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104009>

Yang, S., Tian, Y., He, C., Zhang, X., Tan, K. C., y Jin, Y. (2021). A gradient-guided evolutionary approach to training deep neural networks. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 33(9), 4861-4875. <https://doi.org/10.1109/TNNLS.2021.3061630>

Zhang, H., Lan, T., y Li, Z. (2022). Fractal evolution of urban street networks in form and structure: A case study of Hong Kong. *International Journal of Geographical Information Science*, 36(6), 1100-1118. <https://doi.org/10.1080/13658816.2021.1974451>