

Relaciones entre los procesos de urbanización, el medio natural y la vulnerabilidad en Acapulco y Cancún

The Relationship Between Urbanization Processes, the Natural Environment and Vulnerability in Acapulco and Cancún

Felipe de Jesús Moreno Galván
Universidad Autónoma Metropolitana,
Unidad Xochimilco
arsdhan@gmail.com

Rafael Mora López
Universidad Autónoma Metropolitana,
Unidad Xochimilco
rafamoralopez@gmail.com

DOSSIER

Resumen

Las ciudades turísticas costeras en México se ubican en zonas amenazadas por fenómenos naturales. A esto se suman procesos de urbanización en terrenos que forman parte de los ciclos hídricos, los cuales aumentan la vulnerabilidad de la población al desviar y bloquear los cauces y eliminar las coberturas vegetales y sus biomas asociados.

Estos procesos se analizaron con Sistemas de Información Geográfica (SIG) y mediante una modelación hidrológica de seis áreas en crecimiento, que permiten pronosticar las zonas con mayores riesgos, con lo que se destaca que es necesario reinterpretar las áreas ambientales periféricas y los recursos turísticos a partir de servicios de mitigación y regulación de los eventos naturales.

Palabras clave: vulnerabilidad social, servicios ambientales, resiliencia, urbanización popular, riesgo urbano

Abstract

Mexico's coastal tourist destinations are located in zones that are threatened by natural phenomena. This is complicated by urbanization processes that interfere with the water cycle, exacerbating the population's vulnerability by blocking and diverting rivers and eliminating plant cover and associated biomes.

These processes were analyzed with Geographic Information Systems (GIS) and hydrological models of six areas undergoing the process of urbanization, which allows us to predict the zones of greatest risk. Here, it is necessary to redesign environmental protection areas in the periphery and tourism budgets around mitigation services and the regulation of natural phenomena.

Fecha de recepción: 25 de febrero de 2020
Fecha de aceptación: 22 de mayo de 2020

DOI: 10.22201/fa.2007252Xp.2020.21.76656

Keywords: *social vulnerability, environmental services, resilience, popular (irregular) urbanization, urban risk*

Introducción

Las regiones costeras en México han sido afectadas históricamente por fenómenos hidrometeorológicos. Esta situación de riesgo se ha complicado debido a vulnerabilidades sociales intrínsecas a modelos de desarrollo urbano que genera la industria turística, lo que se ha traducido en desastres naturales y humanos que han dañado, en mayor medida, a los sectores sociales más pobres.

Las Zona Metropolitana de Acapulco (ZMA) y la Zona Metropolitana de Cancún (ZMC) son las dos ciudades de vocación turística más importantes del país, y ambas han sido afectadas por fenómenos naturales. La ZMA sufrió los efectos del huracán Paulina en 1997 y el huracán Manuel en 2013, mientras que la ZMC fue dañada por el huracán Gilberto de 1988 y el huracán Wilma de 2005. Es importante destacar que, pese a la recurrencia de los desastres naturales, esto no ha significado la elaboración de estrategias de prevención ni la creación de regulaciones que permitan prevenir o mitigar los efectos de estos fenómenos.

En las próximas décadas, se puede esperar la persistencia de eventos que desestabilicen los sistemas ambientales y sociales. Entre los procesos más relevantes, se esperan cambios en la frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos y un aumento del nivel del mar que se estima para el Caribe de 67 a 76 mm para 2050, y de 201 a 223 mm para 2100.¹ Además, una amplia región de México en la que se incluye la costa del pacífico ha sido históricamente una zona sísmica por la subducción de placas tectónicas y existen riesgos por deslizamientos de laderas, incendios forestales y enfermedades tropicales.

A esta situación de riesgo se agrega la vulnerabilidad que presentan los habitantes de estas regiones costeras, debido a la excesiva dependencia del turismo y sus procesos económicos, sociales y gubernamentales que se traducen en cuestiones como pobreza, inseguridad y contaminación. En este sentido, el turismo genera complejos efectos territoriales que se manifiestan en zonificaciones con altas especializaciones funcionales, lo que genera procesos de segregación socioespacial, que separan a los habitantes por sectores, y una segregación funcional y física de las zonas turísticas con respecto al resto de la zona metropolitana.²

Habitualmente, se considera que un fenómeno natural se convierte en desastre cuando se rebasan parámetros normales, lo que desestabiliza de manera importante el funcionamiento de los sistemas sociales, como es el caso de los sismos y huracanes. Sin embargo, muchos desastres tienen evoluciones prolongadas, aunque afectan de igual manera

1 Alberto Boretti, "A realistic expectation of sea level rise in the Mexican Caribbean", *Journal of Ocean Engineering and Science*, 4 (2019): 384.

2 Felipe de Jesús Moreno Galván y Celia Hernández Diego, "La segregación socioespacial en dos ciudades turísticas costeras: Acapulco y Cancún", *Revista Nodo*, 13 (25) (2018): 22.

a las comunidades humanas en procesos de largo plazo. En este tipo de desastres de origen antrópico se encuentran la contaminación, la destrucción del medio natural, la pérdida de la biodiversidad y la erosión.

Uno de los factores más importantes que contribuye a estos procesos es la urbanización desordenada de los asentamientos costeros, en la cual la orientación exclusiva a la explotación de los atractivos naturales genera ciudades segregadas,³ dispersas, fragmentadas e inequitativas, lo que se traduce en marginación social y vulnerabilidad ante amenazas naturales.

Por estos motivos es necesario analizar las vulnerabilidades en las estructuras territoriales. Así, es posible estar en condiciones de generar proyectos que aumenten la capacidad de los sistemas de las ciudades para mitigar los efectos de los fenómenos ambientales, proteger a la población en situación de riesgo y favorecer una rápida recuperación.

Antecedentes

Las ciudades turísticas de México enfrentan una posición especialmente vulnerable, ya que su ubicación entre dos océanos cálidos favorece la aparición de tormentas y huracanes. Cuando se presentan estas condiciones, las afectaciones a la industria turística se traducen en la pérdida de instalaciones, la disminución de las áreas de explotación turística y la disminución de la afluencia turística,⁴ debido a la imagen que se presenta del país como un lugar de riesgo ambiental⁵ e inseguridad social.⁶

En el caso de la preparación y respuesta a emergencias, la modelización con sistemas de información geográfica presenta múltiples oportunidades para establecer mejores estrategias que permitan prever las áreas afectadas y responder de una manera más eficiente a las necesidades específicas. En este sentido, herramientas como las presentadas por Rodríguez-Espindola, Albores y Brewster (2017) permiten mejorar la logística para organizar los refugios y distribuir los recursos de ayuda a víctimas de los desastres, con la utilización de la optimización y la búsqueda de la equidad en la distribución. Su estudio para el caso de Acapulco se basa en un mapeo de las inundaciones que se contrasta con las instalaciones disponibles y las vías de acceso. El resultado fue la identificación de las áreas que demandarían ayuda por daños, la disponibilidad de carreteras y la idoneidad de posibles refugios y centros de distribución. Destaca que sus resultados apuntan a la necesidad de

- 3 Cristina Oehmichen, "Cancún: la polarización social como paradigma en un México resort", *Alteridades*, 20 (40) (julio-diciembre 2010): 23.
- 4 Alejandro Palafox Muñoz y Alejandra Gutiérrez Torres, "Cambio climático y desarrollo turístico. Efectos de los huracanes en Cozumel, Quintana Roo y San Blas, Nayarit", *Investigación y Ciencia*, 21 (58) (mayo-agosto de 2013): 38.
- 5 I. Retama, S.B. Sujitha, D.M. Rivera Rivera, V.C. Shruti, P.F. Rodríguez-Espinosa y M.P. Jonathan, "Evaluation and management strategies of tourist beaches in the Pacific Coast: A case study from Acapulco and Huatulco, México", en R.R. Krishnamurthy, M.P. Jonathan y Bernhard Glaeser (eds.), *Coastal Management. Global Challenges and Innovations* (Academic Press, 2019), 87.
- 6 Roldán Andrés-Rosales, Luis Alberto Sánchez-Mitre y José Nabor Cruz Marcelo, "Insecurity and its impact on tourism in Guerrero: a spatial approach, 1999-2014", *Revista de Relaciones Internacionales, Estrategia y Seguridad*, 13 (1) (2018): 160.

la colaboración entre diversas instituciones públicas y la interoperabilidad como elementos clave para reducir costos y manejar de manera más eficiente los recursos.⁷

Más allá de los mecanismos de reacción ante una emergencia, la prevención es un elemento clave para disminuir los gastos de reconstrucción, proteger a los habitantes y reducir su vulnerabilidad. En este sentido, la planeación urbana y la ordenación ambiental son fundamentales en la prevención de los riesgos por fenómenos hidrometeorológicos, ya que permiten ubicar los asentamientos en áreas más seguras y establecer equipo de amortiguamiento, por ejemplo infraestructuras de drenaje y sistemas de regulación, como ecosistemas naturales periurbanos.

La capacidad de estos ecosistemas para regular los flujos de agua, atenuar los vientos y servir como áreas de amortiguamiento está relacionada con la biomasa y la extensión continua, ya que la fragmentación afecta el funcionamiento de sus servicios regulatorios.⁸ En este caso, se cuenta con un conjunto de herramientas de teledetección que permiten analizar la cantidad y calidad de las extensiones forestales. Por ejemplo, en el caso de Cancún se han realizado estudios sobre la erosión de las dunas costeras y la pérdida de servicios ambientales mediante la comparación de fotografías satelitales tomadas en diversos años, en la que se relacionan las construcciones con las afectaciones a las zonas de playa. A esta información se agregan evaluaciones de los comportamientos de las dunas y las corrientes durante las tormentas, lo que ha permitido cuantificar procesos de erosión crónica de la playa y la alteración de los servicios de protección del ecosistema.⁹ En este sentido, las herramientas de levantamiento de información, los sistemas de información geográfica y las modelizaciones por computadora son herramientas que pueden ayudar a la toma de decisiones para ordenar el desarrollo urbano.

Para esta investigación se consideró pertinente el uso de sistemas de información geográfica para generar modelizaciones que permitan prever el comportamiento de zonas específicas de la ciudad con mayor detalle. De esta manera, se espera contribuir al entendimiento de la problemática de la vulnerabilidad a partir de cuestiones como la estructura urbana, los procesos de urbanización y los servicios ambientales de las áreas periféricas.

- 7 Oscar Rodríguez-Espíndola, Pavel Albores y Christopher Brewster, "Disaster preparedness in humanitarian logistics: A collaborative approach for resource management in floods", *European Journal of Operational Research*, (2017): 21. DOI: 10.1016/j.ejor.2017.01.021
- 8 Gloria Soto-Montes-de-Oca, Rosalind Bark y Salomón González-Arellano, "Incorporating the insurance value of periurban ecosystem services into natural hazard policies and insurance products: Insights from Mexico", *Ecological Economics*, 169 (2020): 1-2.
- 9 Mireille Escudero-Castillo, Angélica Felix-Delgado, Rodolfo Silva, Ismael Mariño-Tapia y Edgar Mendoza, "Beach erosion and loss of protection environmental services in Cancun, Mexico", *Ocean & Coastal Management*, xxx (2017): 12-14.

Metodología

Para poder caracterizar la existencia de un modelo de desarrollo territorial vulnerable generado por la industria turística, se analizan comparativamente las dos principales zonas metropolitanas turísticas costeras del país: la Zona Metropolitana de Cancún (763,121 habitantes y 3,054 km² al 2015) y la Zona Metropolitana de Acapulco (886,975 habitantes y 3,539 km² al 2015),¹⁰ las cuales cuentan con una escala similar en su extensión y población. Ambas ciudades son relevantes para los fines de este estudio, ya que han enfrentado desastres naturales y presentan diferentes entornos orográficos y biotopos al situarse en litorales de océanos distintos, lo que permite establecer si existen regularidades o diferencias en cuanto al desarrollo urbano.

En los dos casos se analizaron los mapas de los principales riesgos generados a partir de la información cartográfica del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). A estos mapas se incorporó la ubicación de los equipamientos del “Marco Geoestadístico Nacional” del INEGI de junio de 2016.

En cada ciudad se seleccionaron tres áreas que cumplieran las siguientes condiciones: tener áreas habitacionales; estar ubicadas en zonas periféricas o limítrofes de la zona urbana; haber experimentado vulnerabilidades de tipo social; y tener un riesgo elevado de inundación o deslave a partir de los mapas de riesgo. Las áreas seleccionadas en Cancún fueron: la colonia popular Alfredo V. Bonfil, en el límite sur de la ZMC; la zona de desarrollo residencial de Puerto Cancún y su área vecina, la colonia popular Donceles; y la Supermanzana 237, en conjunto con la Universidad del Caribe, en el límite norte de la ZMC. Para la ZMA, se seleccionó, al norte, la colonia popular Emiliano Zapata; al oeste, la colonia Granjas del Marqués; y, finalmente, el asentamiento de Las Cruces, en la zona limítrofe con el Parque Nacional El Veladero, en la región alta del anfiteatro de la bahía de Acapulco.

Para realizar el levantamiento aéreo se cumplió con los lineamientos planteados por la Norma Oficial Mexicana NOM-107-SCT3-2019, que “establece los requerimientos para operar un sistema de aeronave pilotada a distancia (RPAS) en el espacio aéreo mexicano” (antiguamente Circular Obligatoria), donde los puntos de mayor relevancia son: la obtención de una matrícula de vuelo del equipo a operar, en este caso un DJI Phantom 4 Advanced; y la autorización a la solicitud LA01 del INEGI (con visto bueno de la SEDENA) para la realización de levantamientos aéreos en territorio nacional, la cual tuvo como condición, por disposición oficial, la entrega de los materiales obtenidos al término del trabajo.

Los levantamientos se realizaron en septiembre de 2018 para Cancún y diciembre de 2018 para Acapulco. Para sistematizar la captura de imágenes, la herramienta principal fue la aplicación Pix4D Capture, cuya función es hacer la planeación de los vuelos y programar las capturas de

¹⁰ CONAPO, *Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2015* (México: Consejo Nacional de Población, 2015), 57-58.

fotografías en la aeronave. La estrategia consistió en un vuelo 2D de 30 minutos por cada zona a estudiar, de aproximadamente 500 m x 500 m (25 ha) a una altura promedio de 80 m sobre el nivel del piso. Los resultados obtenidos de cada vuelo variaron de acuerdo con el algoritmo de la aplicación; sin embargo, se obtuvo un rango de entre 300 hasta 500 fotografías (20 mpx c/una) con georreferencia (x, y, z), obteniendo por vuelo de 2 a 4 GB de datos, un total de 20 GB que fueron procesados más adelante en gabinete.

El manejo y procesamiento de datos requirió un equipo de alto nivel,¹¹ en el cual se instaló la versión prueba del *software* Pix4D Mapper, que permite la realización del trabajo fotogramétrico de una manera automatizada y con gran nivel de precisión en la información resultante. El proceso consistió en cargar las fotografías y ligar los puntos de referencia en las imágenes; también, se ajustaron la calidad y los elementos a obtener (nube de puntos clasificada, modelo 3D, curvas de nivel y ortofotomosaico). En el proyecto se procesaron los datos de un vuelo por día para optimizar el tiempo de prueba.

La información resultante de cada vuelo se compiló con un sistema de información geográfica integral en ArcMap, donde se realizaron diversos cruces de información y geoprosesos en GlobalMapper (escurrimientos, inundaciones, deslaves) para un análisis más profundo de los fenómenos estudiados.

Principales riesgos ambientales en Acapulco y Cancún

Al contar con litorales tropicales en dos océanos, las ciudades costeras tienen un alto riesgo de recibir afectaciones por el viento y lluvia de los huracanes. Si bien Acapulco no ha registrado ciclones atravesando directamente su zona urbana, sí ha presentado afectaciones por las lluvias intensas asociadas a estos fenómenos. De acuerdo con el CENAPRED, de junio de 1851 a noviembre de 2015, un rango de 0 a 84 ciclones, con un radio de influencia de 350 km, han afectado a Acapulco; en el mismo periodo, las afectaciones por viento de ciclones en un radio de 150 km van de 0 a 33 ciclones. Esto significa una incidencia comparativamente baja debido a las trayectorias de los ciclones, que en junio afectan las costas centrales del país, en julio se van hacia el noroeste y en agosto hacia la región norte.¹²

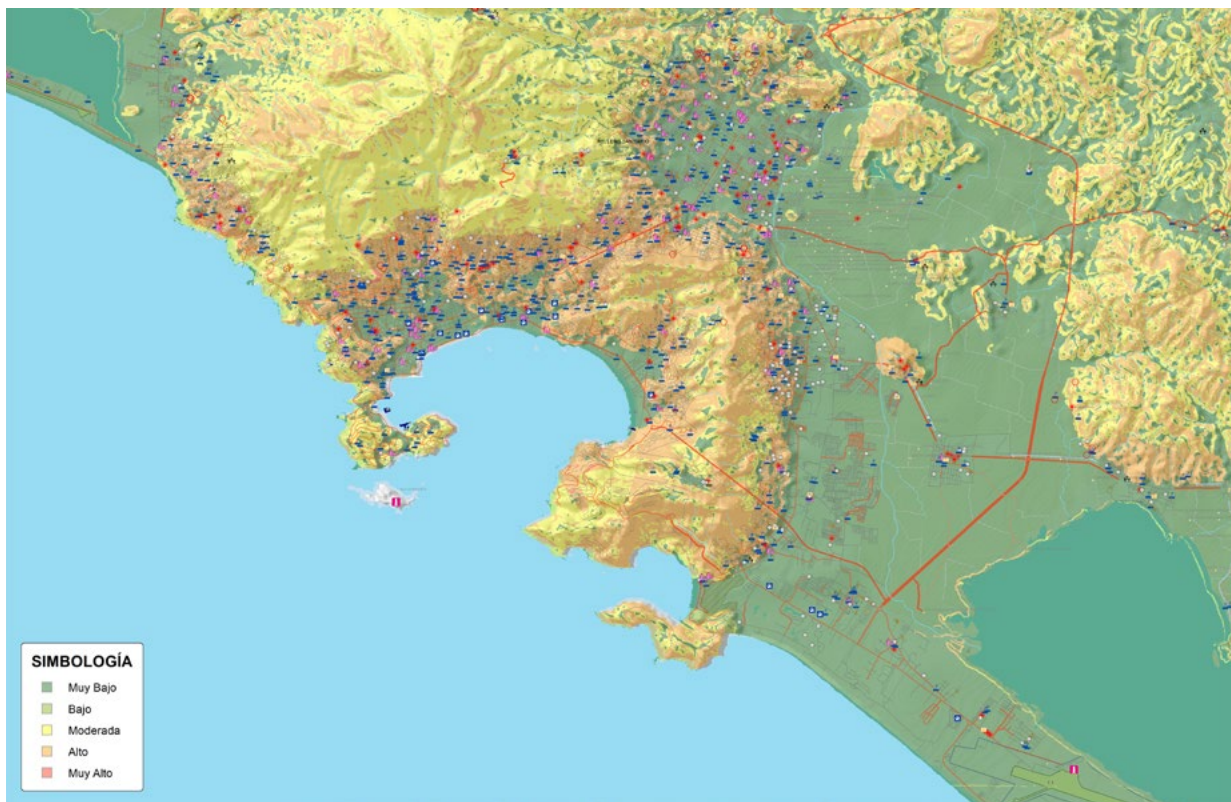
Pese a solo ser afectada tangencialmente, la vulnerabilidad urbana de la región y el crecimiento poblacional desordenado permitieron que dos de los mayores desastres naturales asociados a ciclones se presentaran en los últimos años: el huracán Paulina de 1997, que representó en su momento el mayor desastre de la historia de Acapulco,

¹¹ Workstation: Dell Precision T3620 con procesadora de gráficos Nvidia Quadro P2000 de 5GB DDR5.

¹² Michel Rosengaus Moshinsky, Martín Jiménez Espinosa y María Teresa Vásquez Conde, *Atlas climatológico de ciclones tropicales en México* (México: CENAPRED, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2014), 40.

y el huracán Manuel en 2015, que no tocó tierra en la zona, pero que combinó las lluvias con el huracán Ingrid, que ingresó por la costa Atlántica. En este sentido, la tormenta Manuel “[...] representó un mayor número de daños debido, entre otras muchas cosas, a que no se resolvieron los problemas de tipo urbano, a que no hubo acciones encaminadas a la reducción del riesgo y a la no reducción de los niveles de vulnerabilidad ya presentes desde 1997.”¹³

Mapa 1. Susceptibilidad de laderas Acapulco, 2014



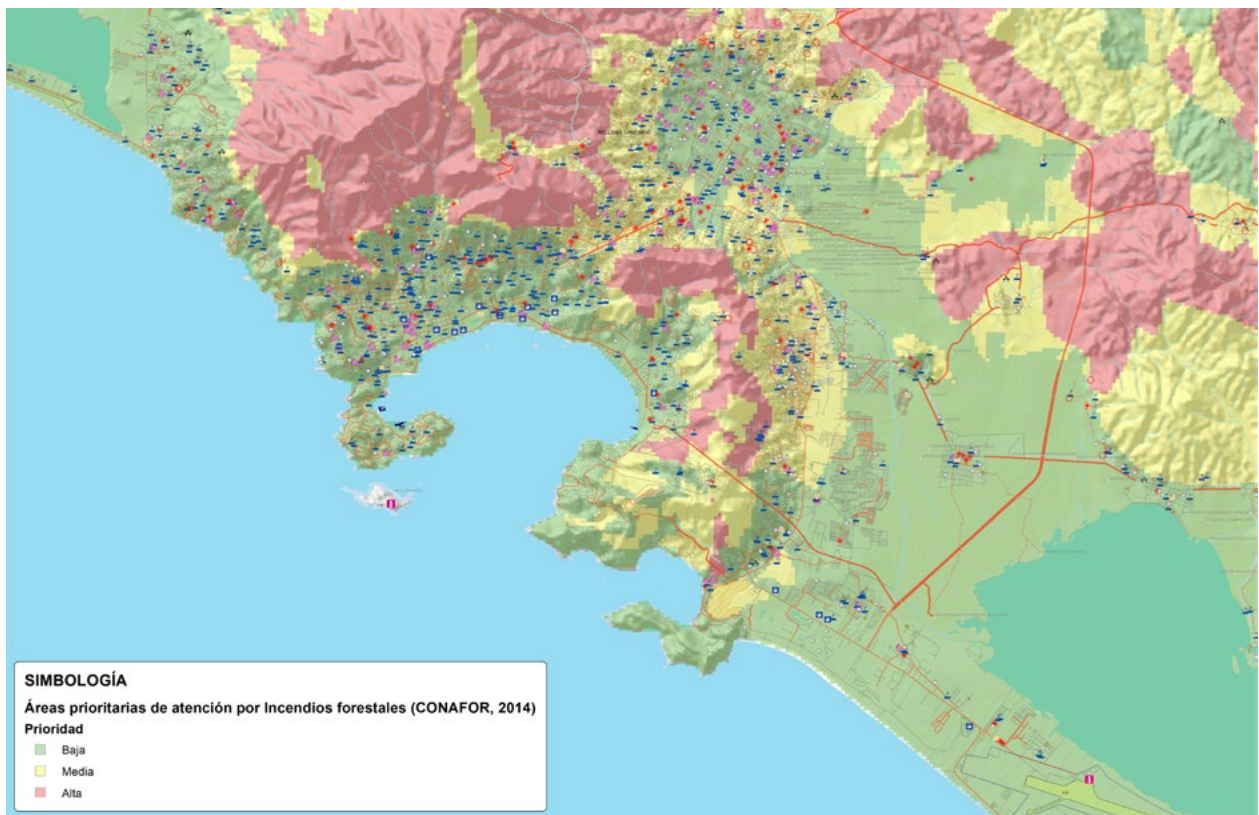
Fuente: Elaboración de los autores a partir de datos del CENAPRED, 2014.

Acapulco presenta riesgos ambientales combinados debido a la orografía accidentada de la región guerrerense, lo que se traduce en que las lluvias copiosas pueden generar deslaves y deslizamientos de tierra que, además de su afectación directa en las zonas urbanas, ocasionan el bloqueo de caminos, el derribo de puentes, la interrupción del servicio eléctrico y la inundación de áreas bajas y desbordes de cauces. Como se observa en el mapa 1, los equipamientos en la ZMA se encuentran integrados en regiones de laderas con susceptibilidad alta; en el anfiteatro de la bahía, las áreas en pendientes elevadas han presentado una atracción histórica a la urbanización, debido a la presencia de un mejor

13 J.M. Rodríguez Esteves, “Los desastres recurrentes en México: El huracán Pauline y la tormenta Manuel en Acapulco, Guerrero”, *Anuario Electrónico de Estudios en Comunicación Social “Disertaciones”*, 10 (2): 149.

microclima, un menor costo del suelo y, en algunas áreas, el aprovechamiento del escenario natural.

Mapa 2. Atención por incendios forestales en Acapulco, 2014



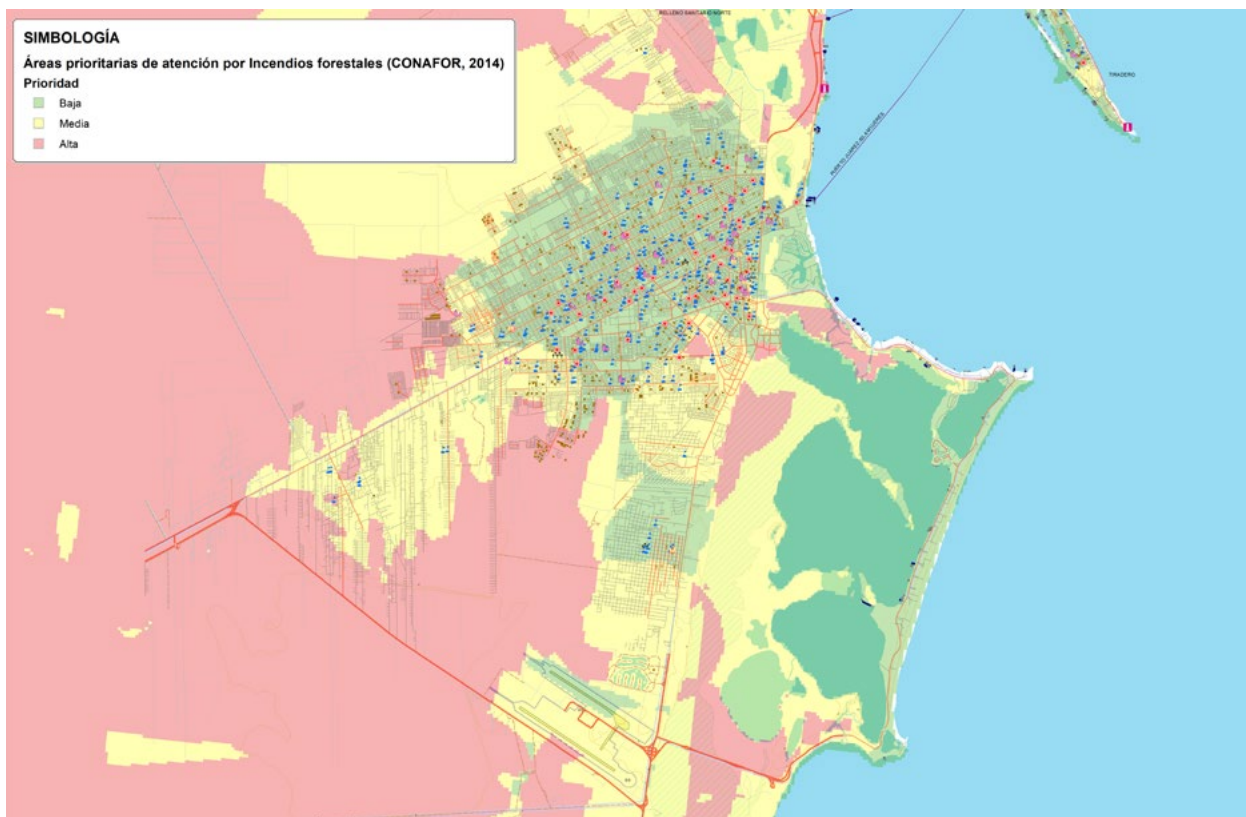
Fuente: Elaboración de los autores a partir de datos de la CONAFOR, 2014.

Como se observa en el mapa 2, en la ZMA las regiones elevadas continúan teniendo áreas forestales importantes que están protegidas, ya que forman parte del Parque Nacional El Veladero, lo que puede ayudar a mitigar los efectos de las lluvias intensas. Sin embargo, estas áreas han sido afectadas por incendios premeditados e invasiones paulatinas, lo que implica el sellado del terreno por pavimentación y ocupación de las áreas construidas, así como la destrucción de los cauces naturales. De esta forma, la pérdida de superficie forestal aumenta la vulnerabilidad de las áreas más bajas, ya que la llegada de lluvias intensas origina una erosión de las laderas, lo que permite deslaves y torrentes.

Si bien es notoria la diferencia entre Acapulco y Cancún en cuanto a su orografía, existen regularidades estructurales. En primer lugar, son áreas metropolitanas aún rodeadas de áreas forestales y cuentan en su cercanía con cuerpos de agua dulce (en el caso de Acapulco la Laguna de Tres Palos y en Cancún la Laguna Nichupté), lo que también ha

significado la existencia de áreas de manglares en las zonas de desembocadura de los cauces, los cuales han sido devastados para urbanizar áreas turísticas y residenciales.

Mapa 3. Atención por incendios forestales en Cancún, 2014



Fuente: Elaboración de los autores a partir de datos de la CONAFOR, 2014.

A diferencia de Acapulco, el territorio donde hoy se ubica la ZMC ha sido afectado frecuentemente por las trayectorias de los huracanes. De acuerdo con el CENAPRED, entre junio de 1851 y noviembre de 2015, entre 237 a 295 ciclones han estado dentro del radio de influencia de lluvia de 350 km, en tanto que, en el rango de influencia de viento de 150 km, la han afectado entre 104 y 135 ciclones. La península suele ser atravesada por los ciclones del Atlántico en su camino hacia el Golfo de México, ya que la carencia de elevaciones geográficas impide la disipación de los fenómenos hidrometeorológicos. Al principio y final de la temporada, los ciclones se desplazan desde la costa centroamericana hacia el norte, en tanto que en la parte más intensa las trayectorias tienden a nacer cerca del continente africano y muestran una marcada traslación hacia el oeste y oeste-noroeste,¹⁴ lo que ubica a la península de Yucatán en el paso regular de los ciclones.

¹⁴ Michel Rosengaus Moshinsky, Martín Jiménez Espinosa y María Teresa Vásquez Conde, *Atlas climático de ciclones tropicales en México*, 32.

En 1988, el huracán Gilberto tuvo una extensión de más de mil kilómetros y tocó tierra a 70 km de Cancún, en Playa del Carmen. El ciclón llegó a las costas en el nivel 5, el más alto de la escala de huracanes de Saffir-Simpson. En Cancún, el huracán generó erosión de las playas y la marejada de la tormenta penetró tierra adentro; como fenómeno asociado, la defoliación causada en la selva provocó grandes incendios en la primavera de 1989. Esto fue particularmente grave en la península de Yucatán, por su afectación a importantes reservas naturales. Como se observa en el mapa 3, existe una vulnerabilidad por la cercanía de las áreas periféricas a las zonas forestales.

En 2005, el huracán Wilma –uno de los más potentes registrados en el Atlántico– impactó también en el nivel 5 a la ZMC. Tuvo un avance lento, lo que generó afectaciones por más de 60 horas; destruyó el tendido eléctrico e interrumpió el servicio de agua potable y, de nueva cuenta, fueron afectadas las playas. En Cancún, las inundaciones deberían ser controlables, dado el tipo de suelo de la región, que cuenta con una capa de suelo fértil sobre caliza porosa, y su orografía básicamente horizontal, lo que permite la infiltración de las aguas. Sin embargo, con la alta intensidad de la lluvia y la mayor parte del suelo pavimentado se experimentaron severas afectaciones.

Además de los riesgos generados por los huracanes, existen diferentes amenazas asociadas a la urbanización de las zonas costeras, como las enfermedades tropicales, los terrenos inestables, la erosión y la contaminación; también, los sismos y tsunamis, en el caso de Acapulco, y tornados en Cancún, lo que conforma problemáticas complejas que se pueden reforzar mutuamente.

Modelación hidrológica en áreas habitacionales de Acapulco

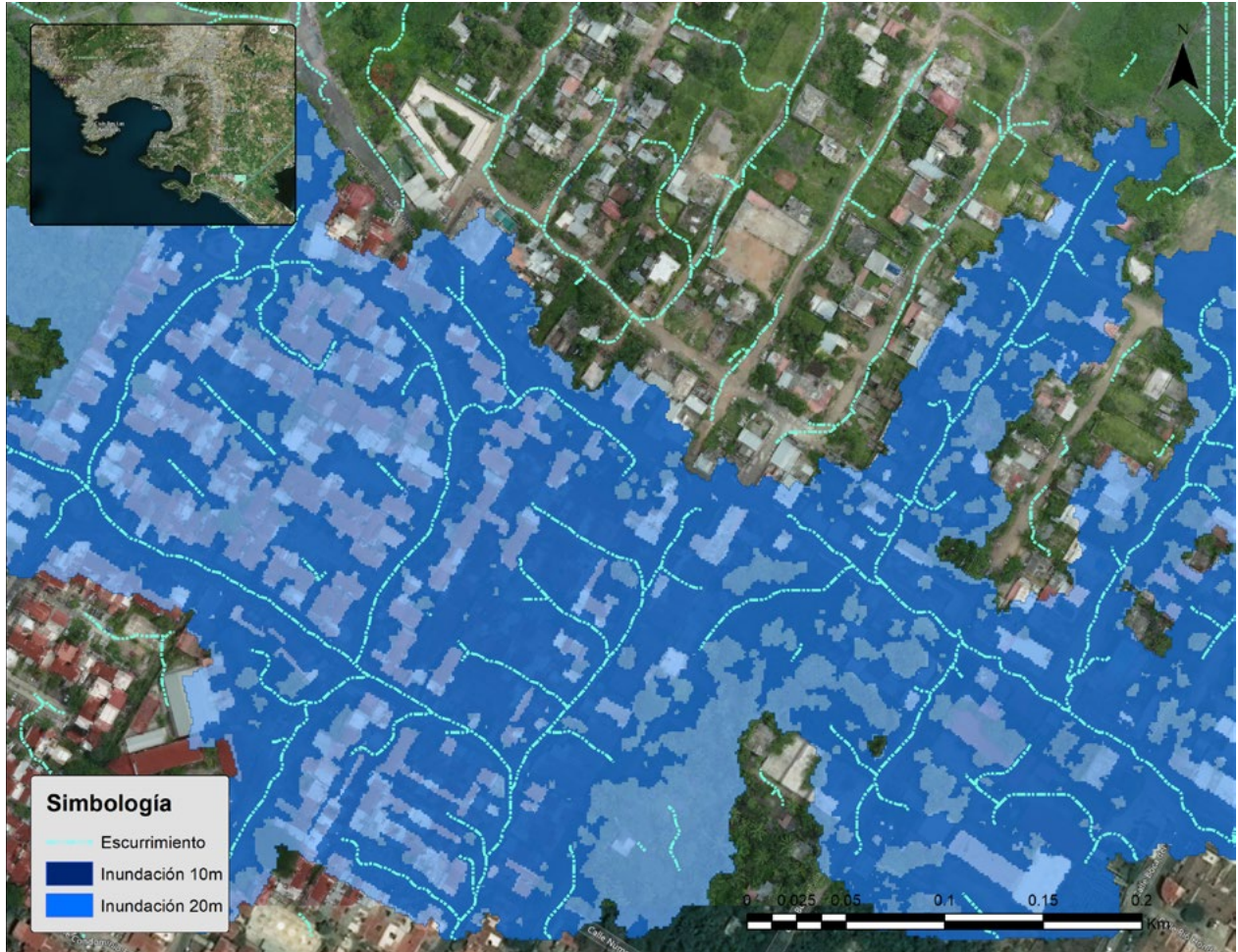
Para establecer de una manera más específica los riesgos potenciales que afectan las áreas populares de Acapulco, se realizaron modelos tridimensionales mediante el uso de ortofotomosaicos, en cuyos resultados se pueden apreciar las áreas con potencial de inundación y los cauces de escurrimiento.

En la imagen 1 se observa una sección de las colonias Granjas del Marqués y La Poza en la zona suroriente de Acapulco, área especialmente vulnerable a las inundaciones, ya que se encuentra cercana a la laguna Tres Palos y el río de La Sabana, este último receptor de las principales corrientes que bajan de las partes altas del parque El Veladero y que conforman un sistema lagunar junto con la laguna Negra de Puerto Marqués.¹⁵ Este sistema suele presentar bloqueos debido a la basura acumulada en su cauce y por la tierra erosionada. Además, forma parte de una zona plana que se extiende hasta el mar abierto y que no tiene protecciones naturales ante las mareas y vientos de tormenta, ya que perdió la cobertura del manglar que originalmente se ubicaba en el litoral, eliminado con la construcción de la zona turística denominada

¹⁵ América Rodríguez-Herrera, Manuel Ruz-Vargas y Berenise Hernández-Rodríguez, "Riesgo y vulnerabilidad en Llano Largo, Acapulco: la tormenta Henriette", *Economía, sociedad y territorio*, XII (39) (mayo-agosto de 2012): 430.

Acapulco Diamante, que ocupa la primera zona frente al litoral, pero que tiene un menor riesgo de inundación al presentar un suelo más elevado con respecto al río.

Imagen 1. Modelación hidrológica de las colonias Granjas del Marqués y La Poza, 2018



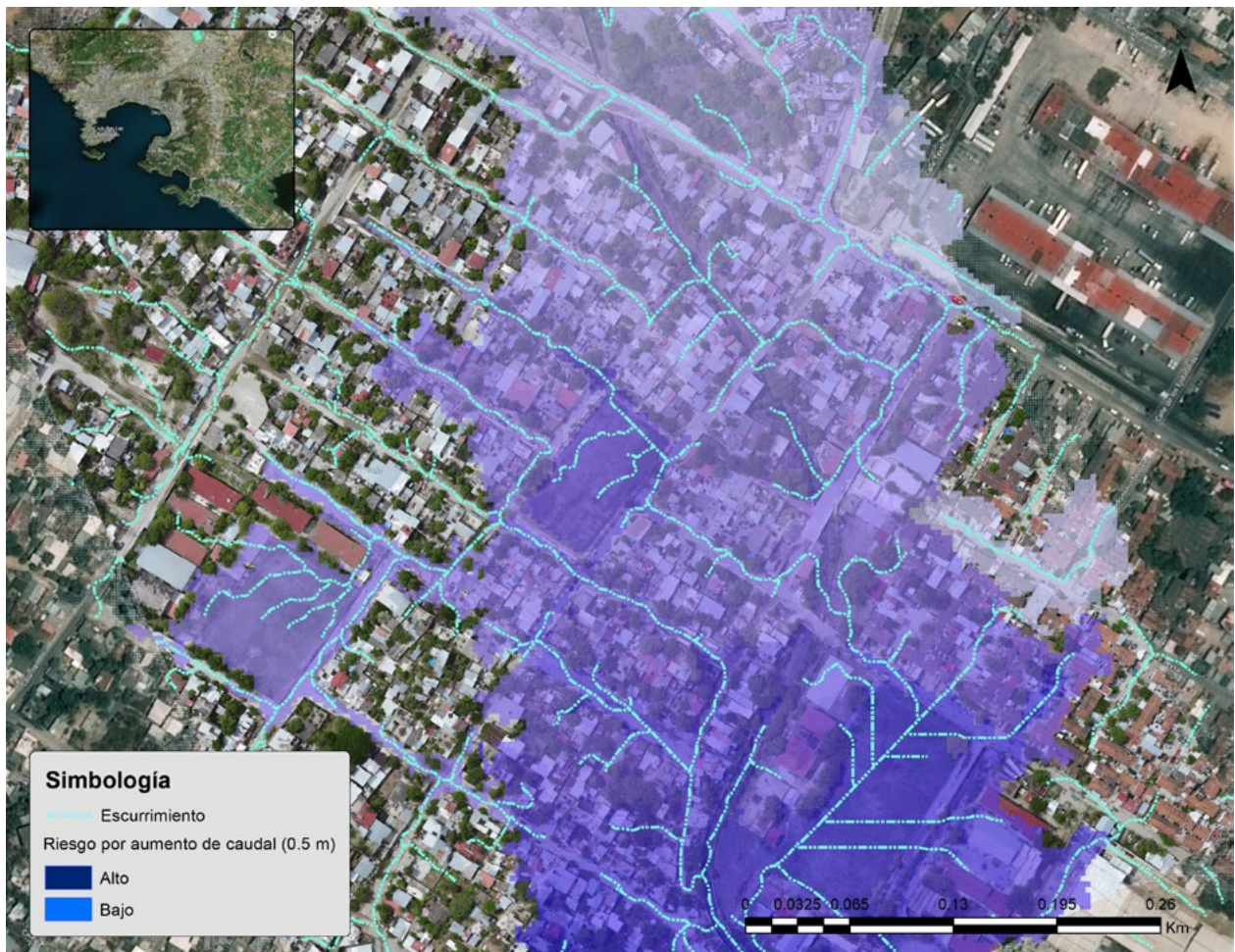
Fuente: Elaboración de los autores.

El modelo indica las líneas de escurrimiento directamente sobre las vialidades, lo que significa que la zona no cuenta con cauces naturales para drenar el agua, por lo que tiende a encharcarse sobre las vialidades y, de manera muy importante, sobre la zona ya urbanizada que ha compactado el suelo y se encuentra a menor altura. Al norte se observa la colonia La Poza, un área en proceso de urbanización que aún conserva espacios permeables y que sería menos afectada en caso de inundación.

En la imagen 2, se presenta el modelo de la colonia Emiliano Zapata, en el norte de Acapulco, lo que la sitúa en la región más alejada del mar y del otro lado de los cerros que constituyen el marco de la bahía. Esta zona es una urbanización popular que está atravesada por el río La Sabana; los escurrimientos se dirigen por las calles hacia el río, que no

cuenta con un área de amortiguación en caso de desborde, ya que las edificaciones se sitúan prácticamente sobre el cauce y varios puentes lo atraviesan.

Imagen 2. Modelación hidrológica de la colonia Emiliano Zapata, 2018



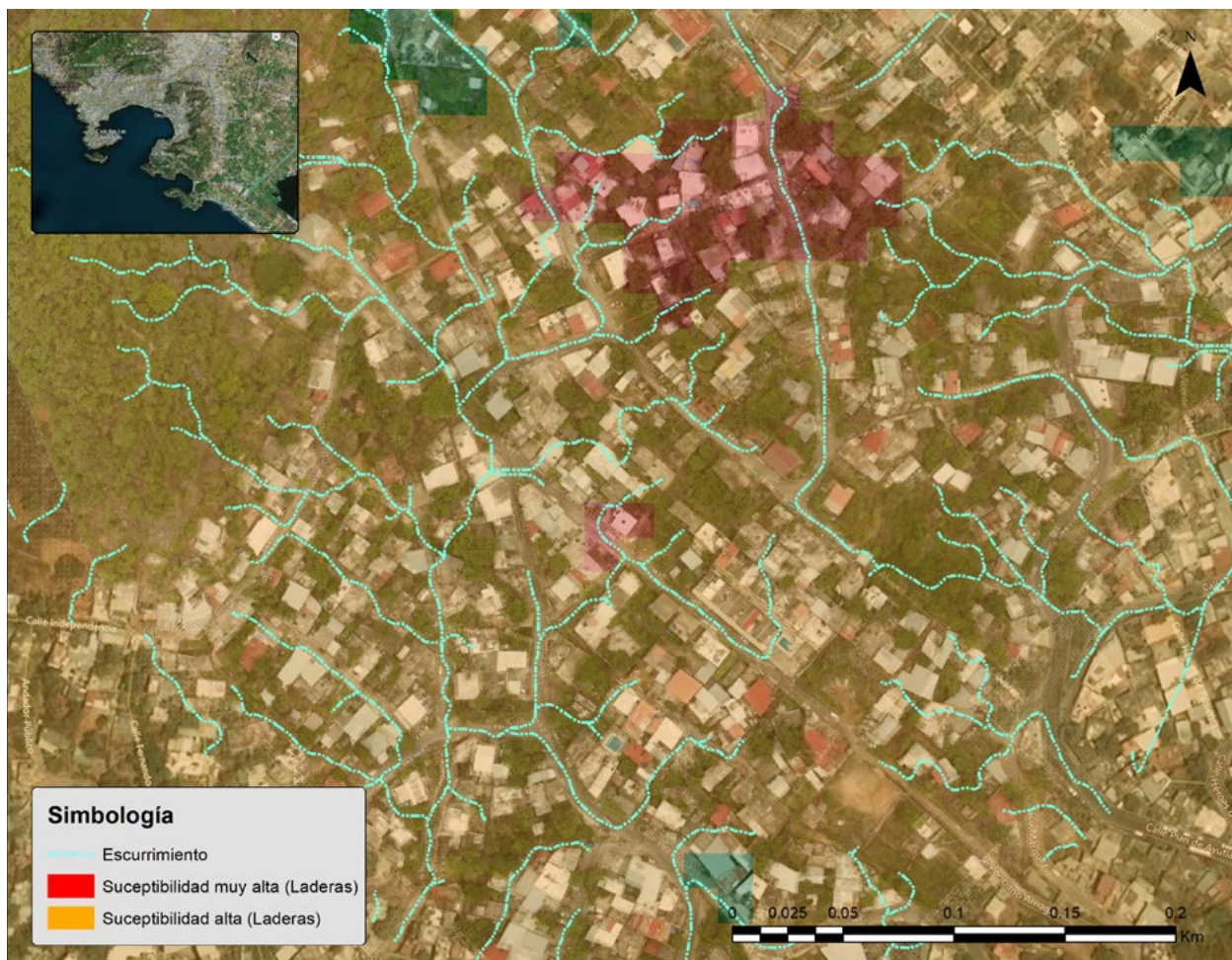
Fuente: Elaboración de los autores.

La modelación indica que, en caso de aumento del caudal, el desborde afectará las viviendas hasta a 100 metros de la orilla del río. Esto puede ocurrir con lluvias torrenciales, si el recorrido del río se ve afectado por cualquier tipo de azolve, lo cual es frecuente por las grandes cantidades de tierra que suelen ser arrastradas de las partes altas. La zona colindante al río La Sabana, denominada Ciudad Renacimiento, fue una de las más afectadas por el huracán Paulina; a pesar de ello, no se han ejecutado programas de tipo urbano que permitan mejorar el drenaje ni zonas de protección en el río La Sabana.¹⁶

¹⁶ Rocío López Velasco, América Rodríguez Herrera, Carmen Barragán Mendoza, Carmelo Castellanos Meza, Rolando Palacios Ortega y Marcela Martínez García, "Turismo y contaminación ambiental en la periferia urbana de Acapulco: Ciudad Renacimiento", *El Periplo Sustentable*, 23 (julio-diciembre de 2012): 122-123.

Una problemática distinta la presentan las zonas elevadas, que han sido extensamente urbanizadas, como la colonia Las Cruces (imagen 3), que se encuentra en el límite con el Parque Nacional El Voladero. En este caso, el modelado indica una susceptibilidad alta en toda la zona y muy alta en una sección específica, lo que señala el riesgo de deslaves o corrimientos de tierra.

Imagen 3. Modelación hidrológica de la colonia Las Cruces, 2018



Fuente: Elaboración de los autores

En la imagen 3 es notoria la traza compleja, resultado de la ocupación popular desordenada que se ha establecido progresivamente en las áreas de protección ecológica –con la consecuente deforestación que esto genera–. También se observa que las viviendas se encuentran sobre los cauces naturales de los esguerrimientos, lo que puede resultar muy riesgoso en caso de precipitaciones torrenciales o por efecto de la erosión constante del recorrido de los flujos.

En general, se observa que las áreas estudiadas en Acapulco son altamente vulnerables por las condiciones naturales del terreno, además de que ahí habitan sectores con carencias económicas en construcciones

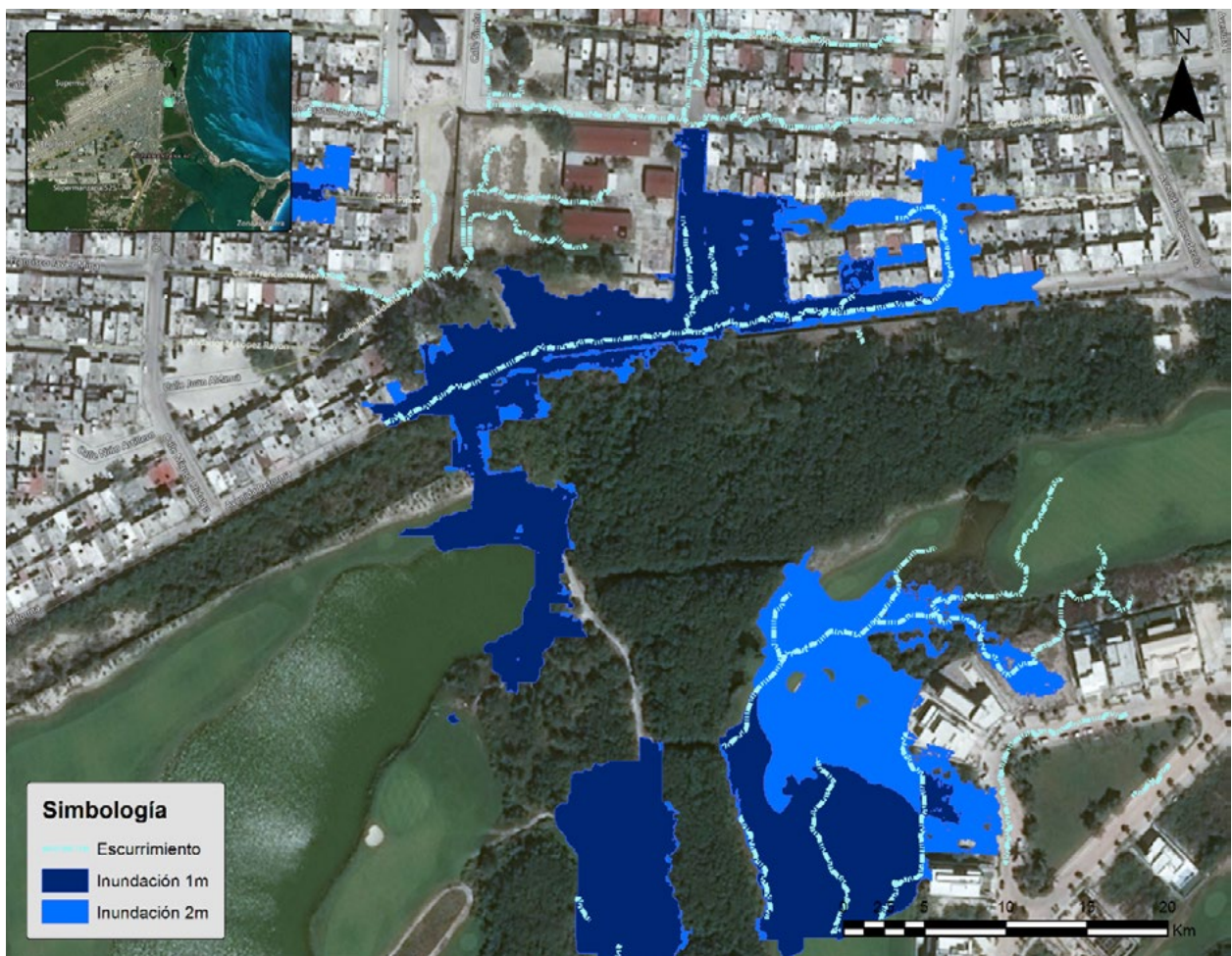
no consolidadas, lo que aumenta su vulnerabilidad. Destaca la necesidad de establecer áreas de amortiguamiento y la recuperación de los cauces naturales, lo cual implicaría la transformación de las áreas con mayor riesgo en infraestructuras de contención.

Modelación hidrológica en áreas habitacionales de Cancún

El suelo de Cancún es básicamente plano, lo que también significa un problema para el desalojo de grandes cantidades de agua, ya que no existen cauces superficiales ni vasos reguladores que permitan un control de las lluvias atípicas. Una de las problemáticas de la región es el uso de concreto y pavimentos no permeables, ya que, en combinación con la falta de pendientes, originan inundaciones en las áreas grandes pavimentadas, como vialidades y estacionamientos.

El caso de Puerto Cancún y la Colonia Donceles ilustra esta problemática con la simulación de la imagen 4, donde se puede apreciar que existe un área inundable en los límites entre el desarrollo inmobiliario y la colonia popular.

Imagen 4. Modelación hidrológica de un sector de Puerto Cancún y la colonia Donceles, 2018



Fuente: Elaboración de los autores.

Además de las zonas residenciales, el desarrollo inmobiliario de Puerto Cancún tiene una marina, una reserva ecológica, un campo de golf y un centro comercial, que permiten que las áreas permeables puedan servir como reguladores de las precipitaciones; sin embargo, el tipo de vegetación introducida no puede regular el exceso de lluvia como lo haría la cobertura original de manglares. Por su parte, la colonia Donceles ve afectadas las áreas inmediatas y no posee zonas suficientes de infiltración, por lo que se presentan encharcamientos ante cualquier sobrecarga del sistema de alcantarillado.

El ejido Alfredo V. Bonfil, una de las áreas populares más destacadas de Cancún, presenta una problemática distinta. Planificado como área agrícola, agrupó desde el inicio a los sectores populares con la construcción de un desarrollo alejado de la zona turística y el centro de Cancún. En la imagen 5 se destaca su conexión al resto de la ZMC mediante la carretera a Tulum, denominada Boulevard Luis Donaldo Colosio.

Imagen 5. Modelación hidrológica de un sector de la localidad de Alfredo V. Bonfil, 2018

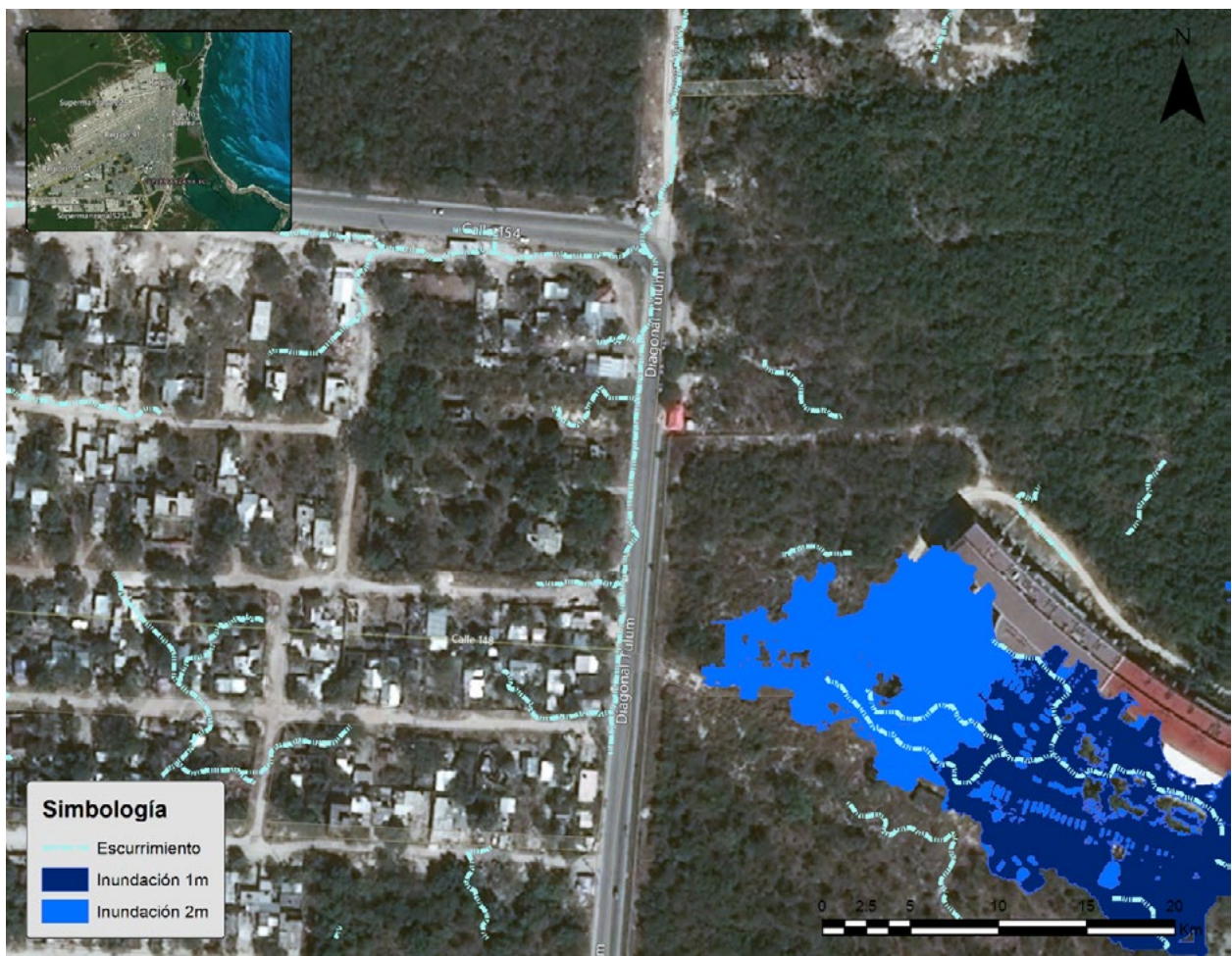


Fuente: Elaboración de los autores.

En la sección oriente de la imagen 5 se ubican áreas que originalmente eran consideradas de reserva ecológica, ya que forman parte del bioma del manglar vinculado a la laguna Nichupté; sin embargo, en esta zona se han ubicado recientemente equipamientos como escuelas, auditorios y hasta centros de rehabilitación. El diagrama de inundaciones indica que la colonia popular tiene una buena ubicación que le permite estar a salvo de encharcamientos, pero los equipamientos contiguos a la zona de protección ambiental pueden presentar inundaciones, por lo que esa área no debería urbanizarse.

Un caso similar lo presenta el límite norte de Cancún (imagen 6), región cercana a la denominada zona ejidal. Se trata de un área –la Supermanzana 237– en proceso de urbanización, que posee una baja densidad, en la que predomina aún la vegetación original, en contraste en el área donde se ubica un equipamiento como es la Universidad del Caribe, donde se presenta una zona inundable en sus áreas pavimentadas para estacionamiento.

Imagen 6. Modelación hidrológica de un sector de la Supermanzana 237 y la Universidad del Caribe



Fuente: Elaboración de los autores.

La ZMC fue en sus inicios un desarrollo planificado, razón por la cual las áreas originalmente destinadas a la vivienda y a la conservación suelen estar bien ubicadas. Sin embargo, el crecimiento urbano desmedido y las necesidades de reservas territoriales han generado la ocupación de áreas originalmente planeadas como no urbanizables, tanto por un nivel de riesgo más elevado, como por sus servicios ambientales. En la actualidad, el crecimiento se presenta de manera invasiva y dispersa, con un aumento de riesgo en las zonas consolidadas y en los nuevos desarrollos.

La importancia de la conservación del medio natural para aumentar la resiliencia en Acapulco y Cancún

Los modelos de urbanización presentes en las regiones estudiadas son el resultado de la ausencia histórica de planificación, lo que ha tenido como consecuencia formas urbanas invasoras con deficiencia de servicios públicos y de infraestructura para la industria turística y sus trabajadores. Como mencionan Calderón y Orozco, para el caso de Cancún el modelo urbano está caracterizado por “[...] limitadas opciones recreativas, especulación inmobiliaria en áreas de reserva, pero sobre todo por la afectación irreversible de los ecosistemas naturales”.¹⁷ En este sentido, la actividad turística genera una gran presión sobre los recursos naturales, debido a que sus patrones de construcción y de consumo se ajustan a los imaginarios y expectativas de los visitantes y de los especuladores inmobiliarios, sin tomar en cuenta las características del medio local. Prácticamente todas las actividades recreativas, descanso y deporte provocan destrucción del hábitat, debido a estos patrones que no respetan la capacidad de carga del medio ni sus ciclos naturales.¹⁸

Es ilustrativo el caso de las construcciones en la línea costera que refuerzan la erosión, pues ocasionan progresivamente una reducción de las playas que, en algunos casos, llegan a ser totalmente eliminadas, ya que no permiten la captura de los granos de arena dispersados por el viento y las olas. Así, la vegetación de la zona costera arenosa, con distintas especies como pasto marino, algas, enredaderas, palmeras y arbustos, retienen las partículas de arena y ayudan a su mantenimiento y recuperación ante los vientos de los huracanes.

En este sentido, la mejor cobertura vegetal está constituida por especies nativas, apropiadas para el tipo de suelo y con una morfología y distribución orgánica que respeta las diferentes capas que constituyen habitualmente estos ecosistemas. Dichas plantas presentan adaptaciones que les han permitido sobrevivir a condiciones habituales en las zonas tropicales, como altas temperaturas, humedad, viento y precipitaciones intensas. En contraposición, un jardín de césped, como el que

17 Juan Roberto Calderón Maya y María Estela Orozco Hernández, “Planeación y modelo urbano: El caso de Cancún, Quintana Roo”, *Quivera*, 11 (2) (junio-diciembre de 2009): 18.

18 L. Ortiz-Lozano, A. Granados-Barba, V. Solis-Weiss y M.A. García-Salgado, “Environmental evaluation and development problems of the Mexican Coastal Zone”, *Ocean & Coastal Management*, 48, (2005): 170-171.

presentan los campos de golf de Acapulco y Cancún, resulta inadecuado en términos del mantenimiento de la biodiversidad local, al no permitir la regulación del ciclo hídrico, y requerir de mantenimiento constante y grandes cantidades de recursos para riego, poda, fertilización, herbicidas y plaguicidas.

Diversas investigaciones¹⁹ han destacado el efecto protector ante olas y vientos fuertes que presentan biomas como el manglar que existe en desembocaduras de ríos en zonas costeras, además de favorecer la biodiversidad, ayudar en la reducción de la contaminación y servir como retenedor de carbono. Estos biomas típicos de la zona costera presentan una constante presión para la urbanización, ya que el manglar se desarrolla en áreas poco expuestas y con mareas y flujos de agua con poca profundidad, lo cual permite su desecación y transformación en suelo plano costero, que aumenta determinadamente su valor comercial.

La característica de baja altura de las áreas del manglar, así como su ubicación cercana a la desembocadura de cursos de agua dulce y sus sedimentos, hacen que al ser desecado aumente el riesgo de inundación en áreas que antes estaban protegidas de los efectos de los oleajes de tormenta y de la crecida de los caudales. En este sentido, las áreas naturales, zonas de conservación, parques y jardines brindan no solo servicios de recreación, deporte y salud pública, sino que pueden representar importantes mecanismos de regulación climática e hídrica, ya que la cobertura vegetal es capaz de reducir la sobrecarga de los sistemas de drenaje que representan las tormentas, al retener, en parte, el exceso de líquido en el dosel arbóreo y también mediante sistemas de encauzamiento y absorción de la lluvia.

Conclusiones

Las estructuras urbanas de Acapulco y Cancún, generadas por el patrón de explotación turístico contemporáneo, son altamente segregadas y especializadas; las áreas de recursos turísticos son apropiadas por las empresas privadas, que han generado zonas hoteleras desvinculadas del resto de la ciudad, espacial y funcionalmente; en consecuencia, para los sectores populares se asignan áreas periféricas, sin tomar en cuenta las condiciones ambientales, lo que provoca un conjunto de vulnerabilidades sociales.

Las zonas de vivienda se han construido de tal manera que existe una marcada diferencia que depende del costo del suelo, lo que ha obligado a los sectores populares a urbanizar áreas de gran riesgo, como zonas de conservación ecológica, laderas, cuencas de ríos y áreas inundables, que no cuentan con la dotación de servicios públicos y están apenas vinculados a la traza urbana, con poblaciones en condiciones de alta marginación,²⁰ las cuales han sido afectadas en cada evento extremo.

19 Alejandro Yáñez-Arancibia, Robert R. Twilley y Ana Laura Lara Domínguez, "Los ecosistemas de manglar frente al cambio climático global", *Madera y Bosques*, 4 (2) (otoño de 1998): 3.

20 Ana Pricila Sosa Ferreira y Alejandra Cazal Ferreira, "El espacio público en la ciudad de Cancún frente al proyecto turístico", *URBS Revista de Estudios Urbanos y Ciencias Sociales*, 5 (2) (2015): 78.

Es un hecho que, pese a la experiencia obtenida con cada desastre natural, no se han establecido planes de desarrollo urbano que aumenten la resiliencia de las zonas vulnerables, resultado de la visión hegemónica sobre la forma de enfrentar los huracanes, basada en la evacuación y la atracción de inversiones para la recuperación, lo que significa que se enfoca en la reconstrucción y no en la prevención. La implementación de esta visión incrementa las inequidades sociales, degrada los ecosistemas y amplifica la exposición a los eventos extremos,²¹ debido a que no se considera el mejoramiento de la infraestructura, la protección de las zonas ambientales y la traza de las áreas de urbanización como elementos para aumentar la resiliencia ante los ciclones.

Es necesario recuperar el funcionamiento natural de los sistemas hídricos de las regiones costeras, lo que significa proteger y regenerar los biomas originales y reconfigurar la forma urbana para reducir las zonas de riesgo. Esto puede requerir recursos cuantiosos, pero la reconstrucción de áreas dañadas y la pérdida de vidas, viviendas e infraestructura resulta más costosa.

Para lograr proyectos eficaces, es necesario analizar las zonas a intervenir con simulaciones y sistemas de información geográfica, reforzados con la mayor cantidad de información relevante. Sin embargo, la implantación y conservación de estos proyectos solo podrá hacerse mediante la creación de una cultura de prevención y cuidado del medio ambiente entre la población local.

Estos espacios de regulación ambiental, que pueden convertirse en parques, áreas naturales protegidas y zonas de valor turístico, no solo deben ser apreciados por su valor recreativo, sino por su capacidad de protección. Además, pueden ser una oportunidad para crear espacios urbanos diversos y multifuncionales, que permitan la interacción y, de esta manera, reducir la vulnerabilidad social de estas ciudades en riesgo.

Referencias

- ANDRÉS-ROSALES, Roldán, Luis Alberto Sánchez-Mitre y José Nabor Cruz Marcelo. "Insecurity and its impact on tourism in Guerrero: a spatial approach, 1999-2014", *Revista de Relaciones Internacionales, Estrategia y Seguridad*, 13 (1) (2018): 147-162.
- BORETTI, Alberto. "A realistic expectation of sea level rise in the Mexican Caribbean", *Journal of Ocean Engineering and Science*, 4, (2019): 379-386.
- CALDERÓN Maya, Juan Roberto y María Estela Orozco Hernández. "Planeación y modelo urbano: El caso de Cancún, Quintana Roo", *Quivera*, 11 (2) (junio-diciembre de 2009): 18-34.
- CONAPO. *Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2015*. México: Consejo Nacional de Población, 2015.
- ESCUDERO-CASTILLO, Mireille, Angélica Felix-Delgado, Rodolfo Silva, Ismael Mariño-Tapia y Edgar Mendoza. "Beach erosion and loss of protection environmental services in Cancun, Mexico", *Ocean & Coastal Management*, xxx (2017): 1-15.

²¹ David Manuel-Navarrete, Mark Pelling y Michael Redclift, "Critical adaptation to hurricanes in the Mexican Caribbean: Development visions, governance structures, and coping strategies", *Global Environmental Change*, 21 (2011): 249.

- YÁÑEZ-ARANCIBIA, Alejandro, Robert R. Twilley y Ana Laura Lara Domínguez. "Los ecosistemas de manglar frente al cambio climático global", *Madera y Bosques*, 4 (2) (otoño de 1998): 3-19.
- LÓPEZ Velasco, Rocío, América Rodríguez Herrera, Carmen Barragán Mendoza, Carmelo Castellanos Meza, Rolando Palacios Ortega y Marcela Martínez García. "Turismo y contaminación ambiental en la periferia urbana de Acapulco: Ciudad Renacimiento", *El Periplo Sustentable*, 23 (julio-diciembre de 2012): 113-141.
- MANUEL-NAVARRETE, David, Mark Pelling y Michael Redclift. "Critical adaptation to hurricanes in the Mexican Caribbean: Development visions, governance structures, and coping strategies", *Global Environmental Change*, 21 (2011): 249-258.
- MORENO Galván, Felipe de Jesús y Celia Hernández Diego. "La segregación socio-espacial en dos ciudades turísticas costeras: Acapulco y Cancún", *Revista Nodo*, 13 (25) (2018): 8-24.
- OEHMICHEN, Cristina. "Cancún: la polarización social como paradigma en un México resort", *Alteridades*, 20 (40) (julio-diciembre de 2010): 23-34.
- ORTIZ-LOZANO, L., A. Granados-Barba, V. Solis-Weiss y M.A. García-Salgado. "Environmental evaluation and development problems of the Mexican Coastal Zone", *Ocean & Coastal Management*, 48 (2005): 161-176.
- PALAFox Muñoz, Alejandro, y Alejandra Gutiérrez Torres. "Cambio climático y desarrollo turístico. Efectos de los huracanes en Cozumel, Quintana Roo y San Blas, Nayarit", *Investigación y Ciencia*, 21 (58) (mayo-agosto de 2013): 36-46.
- RETAMA, I y S.B. Sujitha, D.M. Rivera Rivera, V.C. Shruti, P.F. Rodríguez-Espinosa y M.P. Jonathan. "Evaluation and management strategies of tourist beaches in the Pacific Coast: A case study from Acapulco and Huatulco, México", en R.R. Krishnamurthy, M.P. Jonathan, Seshachalam Srinivasalu y Bernhard Glaeser (eds.) *Coastal Management: Global Challenges and Innovations*. Reino Unido: Academic Press, 2019.
- RODRÍGUEZ-ESPÍNDOLA, Oscar, Pavel Albores, Christopher Brewster. "Disaster preparedness in humanitarian logistics: A collaborative approach for resource management in floods", *European Journal of Operational Research*, (2017): 3-36. doi: 10.1016/j.ejor.2017.01.021
- RODRÍGUEZ Esteves, J.M. "Los desastres recurrentes en México: El huracán Pauline y la tormenta Manuel en Acapulco, Guerrero", *Anuario Electrónico de Estudios en Comunicación Social "Disertaciones"*, 10 (2): 149. doi: <http://dx.doi.org/10.12804/revistas.uosario.edu.co/disertaciones/a.4778>.
- RODRÍGUEZ-HERRERA, América, Manuel Ruz-Vargas y Berenise Hernández-Rodríguez. "Riesgo y vulnerabilidad en Llano Largo, Acapulco: la tormenta Henriette", *Economía, sociedad y territorio*, xii (39) (mayo-agosto de 2012): 425-447.
- ROSENGAUS Moshinsky, Michel, Martín Jiménez Espinosa y María Teresa Vásquez Conde. *Atlas climatológico de ciclones tropicales en México*. México: CENAPRED, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2014.
- SOSA Ferreira, Ana Pricila y Alejandra Casal Ferreira. "El espacio público en la ciudad de Cancún frente al proyecto turístico", *URBS Revista de Estudios Urbanos y Ciencias Sociales*, 5 (2) (2015): 65-80.
- SOTO-MONTES-DE-OCA, Gloria, Rosalind Bark y Salomón González-Arellano. "Incorporating the insurance value of periurban ecosystem services into natural hazard policies and insurance products: Insights from Mexico", *Ecological Economics*, 169 (2020): 1-11.

Felipe de Jesús Moreno Galván

arsdhan@gmail.com

Arquitecto (1999) y doctor en Ciencias y Artes para el Diseño (2008) por la Universidad Autónoma Metropolitana. Obtuvo la Cátedra Héctor Marcovich (2012-2014) y ha sido catedrático CONACYT en el Instituto Tecnológico de Cancún (2014-2016). Fue coordinador de la Licenciatura en Planeación Territorial (2016-2018). Desde 2016 es profesor-investigador titular en el Departamento de Métodos y Sistemas de la UAM-Xochimilco. Investigador Nacional nivel I del CONACYT (2017-2019). Premio a la investigación 2018 por la UAM.

Rafael Mora López

rafamoralopez@gmail.com

Planificador territorial (2017) por la Universidad Autónoma Metropolitana. Ha participado en distintos proyectos como el primer censo "Georeferencia del comercio en vía pública de la CDMX" (2017) y como consultor para la propuesta del Programa Parcial de Desarrollo Urbano de la colonia Anzures (2018). Desde 2018 es ayudante de investigación del Departamento de Teoría y Análisis de la UAM-Xochimilco.