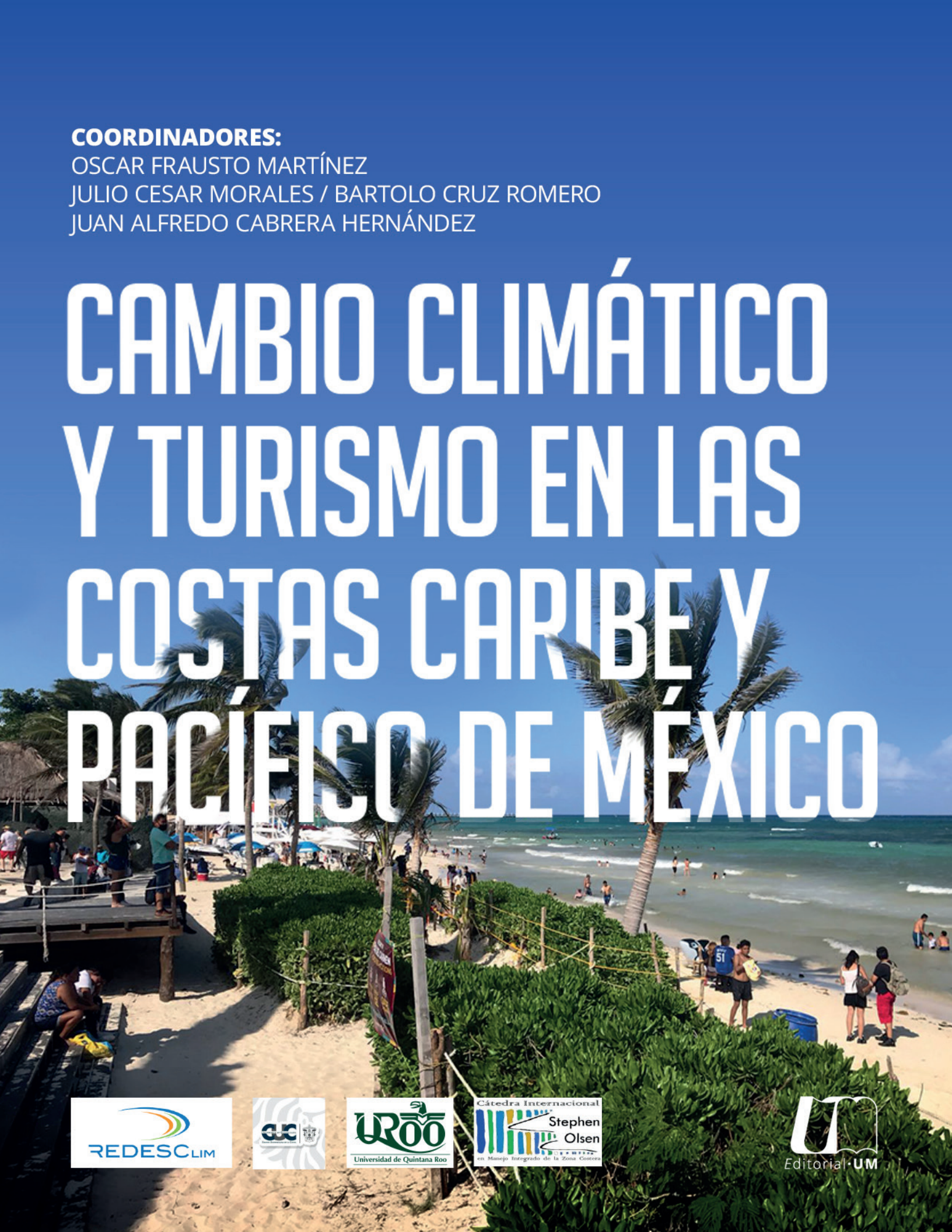
COORDINADORES:
OSCAR FRAUSTO MARTÍNEZ
JULIO CESAR MORALES / BARTOLO CRUZ ROMERO
JUAN ALFREDO CABRERA HERNÁNDEZ

CAMBIO CLIMÁTICO Y TURISMO EN LAS COSTAS CARIBE Y PACÍFICO DE MÉXICO



REDESCLIM
Universidad de Quintana Roo
Cátedra Internacional Stephen Olsen en Manejo Integrado de la Zona Costera
Editorial·UM

CAMBIO CLIMÁTICO Y TURISMO EN LAS COSTAS CARIBE Y PACÍFICO DE MÉXICO

Oscar Frausto Martínez, Julio Cesar Morales Hernández,
Bartolo Cruz Romero y Juan Alfredo Cabrera Hernández (compiladores), 2021.

Julio 2021

CAMBIO CLIMÁTICO Y TURISMO EN LAS COSTAS CARIBE Y PACÍFICO DE MÉXICO

© Oscar Frausto Martínez, Julio Cesar Morales Hernández, Bartolo Cruz Romero y Juan Alfredo Cabrera Hernández (compiladores), 2021.
© Sobre la presente edición:
Editorial UM, 2021

ISBN: 978-959-16-4602-6

Edición: Ana Laura Matos Guerrero y Eleany Naranjo Granados
Corrección: Maitte Hernández Pérez y Anabel García Montes de Oca
Diseño de portada y portadillas de capítulos: Daryl Hernández González
Diseño editorial: Gema Alín Martínez Ocampo

EDITORIAL UM
Universidad de Matanzas
Carretera a Varadero, km 3½, Matanzas, Cuba
editorialum@umcc.cu

Cita recomendada para esta publicación
Oscar Frausto Martínez, Julio Cesar Morales Hernández, Bartolo Cruz Romero y Juan Alfredo Cabrera Hernández (compiladores), Cambio climático y turismo en las costas Caribe y Pacífico de México, Editorial UM, Matanzas, 2021.

COMITÉ TÉCNICO ACADÉMICO

Dra. Natasha Mylena Quevedo Castañon
Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. , México

Dr. José Alfonso Baños Francia
Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, México

Dra. Eleonora Romero Vadillo
Departamento de Ciencias Marinas y Costeras, Universidad Autónoma de Baja California Sur, México

Dr. Luis Felipe Pineda-Martínez
Universidad Autónoma de Zacatecas, México

Dra. Luz Amparo Delgado Diaz
Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, México

Dr. Héctor Hugo Ulloa Godinez
Instituto de Astronomía y Meteorología, Universidad de Guadalajara, México

Dr. José Francisco León Cruz
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C, México

Dr. Jorge Ignacio Chavoya
Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, México

Dr. Carlos Rogelio Virgen Aguilar
Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, México

Dr. Héctor Javier Rendón Contreras
Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, México

Dra. Flor Micaela Ramírez Leyva
Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, México

Dra. Leticia Gómez Mendoza
Colegio de Geografía, Facultad de Filosofía, UNAM, México

M. en C. Claudia Elizabeth Torres Pineda
Dirección General Marítima -Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (DIMAR-CIOH), Colombia

M. G. S. Ángel Guillermo Félix Mendoza
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Ecuador

M.G.S. Neme Yamil Doumet Chilán
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Ecuador

Dr. Francisco Javier Velasquez Intriago
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Ecuador

M. en C. Víctor Manuel Cornejo López
Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, México

M. en C. Areli Nájera González
Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, México

M. en C. Raúl Torres Rico
Centro de Ciencias de Desarrollo Regional, Universidad Autónoma de Guerrero, México

M. en C. Emma Lizeth Noriega Garza
Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, México

COMITÉ EDITORIAL

Dr. Oscar Frausto Martínez
Dr. Julio César Morales Hernández
Dr. Bartolo Cruz Romero
Dr. Juan Alfredo Cabrera Hernández

Los capítulos se sometieron a dictamen bajo el sistema doble ciego y se aceptaron aquellos que cumplieron con el proceso de revisión y corrección del dictamen.

Contenido

A MANERA DE PRÓLOGO, DESDE LA CÁTEDRA INTERNACIONAL DE MIZC STEPHEN OLSEN 7

Introducción 11

Cambio climático y turismo: una revisión de la investigación mexicana en el contexto mundial 15

Cuantificación de resiliencia en sistemas de infraestructura urbana costera 35

Indicadores de resiliencia ante la erosión costera en playas de uso turístico 49

Escurrimiento superficial y zonificación de riesgo de erosión por escorrentía en una cuenca costera de Puerto Vallarta, Jalisco, México 71

Generación de mapas de riesgo por inundación en zonas urbanas de Quintana Roo 87

Huella ecológica turística como indicador de sustentabilidad en zona costera de San Blas, México 103

Territorio y aprovechamiento turístico en comunidades costeras en la zona de influencia de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka´an, México 119

Análisis del crecimiento y planificación turística de una comunidad rural costera en el Pacífico sur de México 137

Construyendo un modelo de MIZC para la sostenibilidad de Akumal, México: aplicación del Decálogo como marco de partida 151

Ciclones extremos en los estados del suroccidente mexicano en el período 1951-2019 177

Efecto de los ciclones tropicales con declaratoria de emergencia y desastre del Centro Nacional de Prevención de Desastres en la zona costera de Jalisco (periodo 2000-2015) 193

Epílogo 211

Sobre los autores 212

A MANERA DE PRÓLOGO, DESDE LA CÁTEDRA INTERNACIONAL DE MIZC STEPHEN OLSEN

Asumo con placer y alta responsabilidad profesional la encomienda de mi colega y gran amigo, el Dr. Oscar Frausto Martínez, de preparar estas notas desde la Cátedra Internacional de Manejo Integrado de Zonas Costeras Stephen Olsen, a favor de la edición del libro «Cambio climático y turismo en las costas Caribe y Pacífico de México»; producido mediante un esfuerzo conjunto de la Universidad de Quintana Roo (Sede Cozumel) y la Universidad de Guadalajara, con la colaboración de la Universidad de Matanzas, Cuba y su Editorial UM; así como de otras instituciones y organizaciones.

En la obra sobresalen su diversidad temática y el rigor científico de las contribuciones. En ellas se define, explícitamente, el propósito de mejorar el conocimiento y la capacidad de respuesta al cambio climático, la variabilidad climática y a las manifestaciones naturales que pudieran resultar amenazantes para la sociedad y en especial para el sector turístico.

Las investigaciones sobre el tema del turismo y el cambio climático son predominantes. Tratan desde la caracterización de la producción académica en el contexto mundial y las propuestas de indicadores como una herramienta para la gestión de playas de uso turístico, hasta el análisis detallado de los sectores vulnerables ante el cambio climático, con énfasis precisamente en el sector turístico, así como el estudio del uso del suelo en el territorio y de los intentos en cuanto a planificación y aprovechamiento turístico de los recursos por parte de varias comunidades costeras. Todo lo anterior, permite reconocer los impactos ambientales y socio-ambientales de la actividad humana y, en correspondencia, la evaluación de la sustentabilidad de las actividades turísticas y propuestas de posibles respuestas para la mejora continuada.

Son notables otros temas que sintetizan las investigaciones en la esfera de los riesgos asociados a eventos extremos y el cambio climático, y profundizan en factores como las coberturas de suelo, condiciones hidrológicas y de humedad, en los ciclones considerados

como extremos, así como en las propuestas metodológicas y los resultados obtenidos en la identificación del peligro por inundaciones en ciudades costeras. También hay referencias más enfocadas a la incorporación del paradigma de la resiliencia en sus diferentes fases y el análisis de la gestión marino-costero a nivel de localidades.

Felicitamos a los coordinadores y autores por la excelente selección y estructuración de los textos, lo que asegura el interés de muchos especialistas y potenciales lectores, que encontrarán aquí variadas temáticas y líneas de investigación.

Para la Cátedra Internacional de MIZC Stephen Olsen esta es una gran oportunidad de apoyar un loable esfuerzo editorial y de abrir sinergias con instituciones y autores, que de una u otra forma están estrechamente ligados a la Gobernanza costera y al Manejo Integrado de Zonas Costeras (MIZC) que engloban los asuntos esenciales de la Cátedra.

El profesor Stephen B. Olsen, cuyo nombre honra la Cátedra, ha postulado desde hace años que la humanidad vive el tránsito hacia la Fase Tres del Antropoceno, y refiere como evidencia el deceso o colapso en varios indicadores de la salud de los sistemas socio-ambientales. Considera que la estabilidad del Holoceno ha sido reemplazada por un período de incremento de la temperatura del planeta, de inestabilidad climática, de cambios en la biota, y de acelerada globalización en los procesos económicos, de comunicación y de desarrollo de la ciencia y las tecnologías. La propia pandemia de la COVID-19 puede ser vista como una manifestación de la crisis multifacética que hoy nos afecta, y cuyo actual desastre no se explica solo por la amenaza viral, sino por las particularidades con que funciona el sistema socio-ambiental en el que se despliega la pandemia.

La concentración de la población y de las actividades económicas, y en especial del turismo, en las zonas costero-marinas, se activa más desde mediados del siglo pasado en muchos países de la región. Varias ciudades y localidades costeras evidencian altos niveles de degradación ambiental y socio-ambiental, que se acrecientan y amplían, al punto de que la Evaluación de Ecosistemas del Milenio los destaca como los más críticos a nivel mundial en el horizonte del siglo XXI. A esta dinámica y a la fragilidad de los equilibrios naturales en las costas, se añaden los poderosos factores asociados al cambio climático.

En nuestra Cátedra, como en el presente libro, se defiende la utilidad de aplicar los aprendizajes del Manejo Integrado de Zonas Costeras (MIZC), en particular la necesidad de un abordaje interdisciplinar, basado en acuerdos y arreglos de gobernanza a partir de intereses

comunes. La llegada del texto argumenta estos procesos y posibles soluciones que también se defienden en la Cátedra.

Los autores llaman la atención sobre la relevancia de los acuerdos entre actores, la construcción de alianzas y la mirada a los más diversos sitios costeros en sus diferentes escalas de análisis. Además, se enfatizan cuáles son los asuntos claves que llevan a reducir riesgos específicos, a entender mejor cómo funcionan los ecosistemas y a armonizar políticas e investigación en las áreas estudiadas.

Lo esencial, a nuestro juicio, es que, en las costas y demás ambientes interconectados, crece la necesidad de análisis complejos y de una mayor colaboración guiada por propósitos explícitos de interés compartido, lo que implica articulación de disciplinas y de capacidades institucionales, sociales e individuales en función de metas socio-ambientales.

La Cátedra de MIZC Stephen Olsen se ha trazado el gran reto de promover una cultura de aprendizaje para avanzar hacia una inserción inteligente en los ecosistemas y sitios costeros y costero-marinos, en pos de lograr cambios socio-ambientales positivos, guiados por conocimientos y valores compartidos. Este libro que ahora estamos presentando va en esa dirección, por lo cual lo apoyamos como una herramienta útil de estudio, así como de profundización en el camino difícil que estamos transitando, en la lucha por nuestras costas y por un mundo mejor.

Bienvenido pues, y enhorabuena.

Dr. C. J. Alfredo Cabrera Hernández

Coordinador del Observatorio COSTATENAS de la Universidad de Matanzas (Cuba)
Secretario Ejecutivo de la Cátedra Internacional de MIZC Stephen Olsen

INTRODUCCIÓN

Este libro es una contribución de cuerpos académicos, que no solo constituyen una estrategia para la cooperación y construcción del conocimiento, sino que crean el modelo organizativo que, al integrarse como red generadora de conocimiento, puede contribuir al fortalecimiento institucional. Tiene como propósito mejorar la percepción y la capacidad de respuesta al cambio climático, la variabilidad climática y a las manifestaciones naturales que pueden resultar amenazantes para la sociedad, en especial al sector turístico; con la idea de mostrar ese quehacer científico entre especialistas y estudiantes.

Cada artículo es resultado de un riguroso ejercicio metodológico y técnico que se hace accesible al lector en mapas, tendencias, patrones, frecuencias, escalas, evidencias, tablas, gráficas y prácticas extraídas de la realidad, ya sea por medio de fórmulas, monitores, instrumentos o directamente en el trabajo de campo que se efectúa en cada proyecto de investigación referido por los autores.

En el primero de ellos, Rosa María Chávez Dagostino, José Luis Cornejo Ortega, Myrna Leticia Bravo Olivas, Edmundo Andrade Romo y Rodrigo Espinoza Sánchez exploran las publicaciones incluidas en bases de datos multidisciplinarias en *Web of Science*, que retoman el tema del turismo y el cambio climático, con el fin de caracterizar la producción académica en el contexto mundial. Los investigadores identifican que las contribuciones mexicanas no se apartan de la idea dominante del calentamiento global antropogénico, y que las contribuciones latinoamericanas están poco representadas en el mundo, pues los temas que interesan están principalmente relacionados con los ecosistemas y la conservación.

La investigación de Anita Martínez Méndez y Oscar Frausto Martínez menciona que uno de los retos en los sistemas de infraestructura es incorporar el paradigma de resiliencia en sus diferentes fases, con la finalidad de contar con un marco para cuantificarla que, a su vez, permita hacer comparaciones entre casos de estudio. Exponen los avances que se han realizado en los métodos de cuantificación desde el enfoque cualitativo y cuantitativo de la resiliencia urbana costera.

En el siguiente artículo, Rosalinda Islas García y Oscar Frausto Martínez proponen un sistema de indicadores que funcionan como una herramienta para la gestión de playas de uso turístico desde una perspectiva integral. Promueven la creación de estrategias de mitigación y adaptación para reducir la vulnerabilidad de las partes expuestas, a través de evaluaciones sencillas. El modelo consta de 18 indicadores que permiten identificar el estado de resiliencia de una playa de uso turístico ante los procesos de erosión costera, por medio de la desagregación de tres variables: amenaza, vulnerabilidad y capacidad adaptativa.

Por su parte, Bartolo Cruz Romero, Fernanda Julia Gaspari, Fátima Maciel Carrillo González y Jorge Téllez López realizaron un análisis en función de factores como las coberturas de suelo, la condición hidrológica y las condiciones de humedad previa. Dada la representatividad de estos factores, y considerando una cuenca hidrográfica como un sistema donde los procesos geomorfológicos, edáficos y culturales se encuentran ligados, y que se genera riesgo por los peligros hidrometeorológicos, este estudio genera información útil para la planificación y ordenación del territorio de influencia de la cuenca costera del río Cuale, a través de la determinación del escurrimiento superficial utilizando el número de curva (NC) y el modelo GeoQ, así como el mapa de zonificación de riesgo de erosión por escorrentía.

Gerardo Daniel López Montejo y María Luisa Hernández Aguilar describen la metodología y los resultados obtenidos para la identificación del peligro por inundaciones en dos ciudades costeras del estado de Quintana Roo: Chetumal y Cancún que muestran dos escenarios de riesgo y alta vulnerabilidad, el primero para lluvias extraordinarias, y el segundo por el impacto de un huracán categoría 5. A partir de lo anterior, se generaron mapas de peligro donde se identifican amplias zonas de riesgo de inundación costera y de inundación pluvial para ambas ciudades.

El estudio de los autores Citlaly Lizbeth Garcia Nuñez, Susana Marceleño Flores, Oyolsi Nájera González y Rebeca De Haro Mota evalúa el impacto de la actividad humana sobre el ambiente en San Blas, México e identifica la sustentabilidad de su actividad turística. Primeramente, calculan la huella ecológica y la biocapacidad de la zona, donde se observa que, en la condición actual, la actividad turística no se considera con sustentabilidad ambiental y se requiere intervenir para mejorar la gestión de los recursos disponibles.

En el séptimo artículo, Lucinda Arroyo Arcos y Julisa Guadalupe Cabrera Borraz analizan el uso del suelo en el territorio y el aprovechamiento turístico de los recursos por parte de la comunidad de Punta Allen y otras que se hallan dentro del área de influencia de la reserva. Realizaron dos recorridos a la zona de estudio, se llenaron fichas de observación, revisaron

los Programas Operativos Anuales (POA) del 2010-2016 y se entrevistaron informantes mediante la técnica de «bola de nieve». Entre sus resultados, se muestran estrategias de conservación para el desarrollo y el aprovechamiento turístico en el Área Natural Protegida (ANP).

La investigación de Cesar Daniel Aguilar Becerra, Oscar Frausto Martínez, Hilda Janet Arellano Wences y Jair J. Pineda Pineda analiza el crecimiento y planificación turística en las comunidades rurales costeras de Playa Ventura Guerrero, México. Para ello, se usaron fuentes primarias y secundarias de información para determinar la evolución turística, además de la percepción de los residentes; en conjunto se implementó el enfoque de Análisis de Redes Sociales (ARS) con el objetivo de establecer los principales problemas de planificación.

Otro estudio realizado fue el de Aidé Vázquez Sosa, Oscar Frausto Martínez, Alfredo Cabrera Hernández y Alejandro Palafox Muñoz, quienes examinaron la gestión marino-costero de Akumal, una localidad costera del Caribe mexicano, mediante una línea base donde se aplicó el «Decálogo del MIZC», herramienta donde se detallan diez aspectos fundamentales que han sido desarrollados con éxito por la Red IBERMAR en varios países y regiones de Iberoamérica. Los autores reconocen que este análisis de partida deja sentada las bases para continuar con la implementación de un modelo combinado que incorpore las herramientas desarrolladas por Olsen-EcoCostas-LOICZ, y de esa forma contribuir a la resolución de conflictos y al avance hacia un desarrollo local realmente sostenible.

En el siguiente artículo, Gabriel Sánchez Rivera y Oscar Frausto Martínez identificaron el número de ciclones que han impactado los estados costeros del suroccidente mexicano en el período 1951-2019 y caracterizaron los eventos que pudieran ser considerados como extremos («raros» y «extremadamente raros»), de acuerdo con los criterios de la Organización Mundial Meteorológica. Para ello, se consideraron como variables de análisis la «velocidad máxima de vientos sostenidos» y «mínima presión atmosférica»; y el modelo estadístico «excedente a un umbral relativo (*exceeding a relative threshold*)».

Finalmente, Alejandra Sarhai Rivas Tapia, Bianca Georgina Gallardo Arce, Alondra Cristina Barragán Nava y Julio Cesar Morales Hernández, realizaron un análisis detallado de los sectores vulnerables ante el cambio climático, específicamente el turismo, los efectos en el bienestar de los prestadores de servicios turísticos y pobladores de las zonas costeras del estado de Jalisco, que puede ser afectada por los ciclones tropicales. Esta información será relevante para la toma de decisiones que contribuyan a una mejor gestión sobre adaptación frente al cambio climático.

CAMBIO CLIMÁTICO Y TURISMO: UNA REVISIÓN DE LA INVESTIGACIÓN MEXICANA EN EL CONTEXTO MUNDIAL

ROSA MARÍA CHÁVEZ-DAGOSTINO; JOSÉ LUIS CORNEJO
MYRNA LETICIA ORTEGA BRAVO-OLIVAS; EDMUNDO ANDRADE-ROMO;
RODRIGO ESPINOZA-SÁNCHEZ.

CAPÍTULO 1



Cambio climático y turismo: una revisión de la investigación mexicana en el contexto mundial

Rosa María Chávez Dagostino, José Luis Cornejo Ortega, Myrna Leticia Bravo Olivas, Edmundo Andrade Romo y Rodrigo Espinoza Sánchez
Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara. Av. Universidad 203, Delegación Ixtapa, Puerto Vallarta, Jalisco, México. CP 48280.
rosac@cuc.udg.mx

Introducción

El deterioro ambiental que se registra en el mundo, pone en peligro la funcionalidad de los ecosistemas y la viabilidad de la supervivencia humana. En el ámbito global, se desarrollan iniciativas encaminadas a prevenir, mitigar y adaptarse a los efectos previstos por el cambio climático (CC). Este concepto se refiere a «cualquier cambio del clima en el tiempo debido a variaciones naturales o resultantes de la actividad humana, lo cual altera la composición global de la atmósfera y se suma a la variabilidad climática natural observada durante períodos de tiempo comparables», según el Panel Intergubernamental de cambio climático (IPCC, 2007, p. 871).

Sin embargo, de los compontes del CC el que mayor interés ha recibido es el calentamiento global, debido a los impactos y riesgos potenciales para sistemas naturales y humanos, donde los más vulnerables son los sistemas coralinos, las regiones árticas y las zonas costeras (IPCC, 2019). Este se considera un cataclismo en proceso, que requiere posturas radicales de toda la sociedad. El turismo es responsable de forma significativa, debido a las emisiones que generan principalmente los servicios de transporte aéreo y terrestre, así como el alojamiento, la alta dependencia de los recursos naturales que aprovecha como atractivos, y a las modificaciones que provoca en ecosistemas costeros, lo cual incrementa la vulnerabilidad y todo tipo de riesgos (Mc Coy-Cador & Sosa-Ferreira, 2016; Zentella, Urdapilleta & Quiroz, 2014).

Por otra parte, el Banco Interamericano de Desarrollo considera particularmente vulnerables a los impactos del CC, a América Latina y el Caribe, ya que el aumento del nivel del mar, de la temperatura y las modificaciones en el régimen de precipitaciones, implicará para el 2050, un costo anual estimado del 2 al 4 % del PIB de la región (BID, 2020). Así, la generación de conocimiento en este tema debe ser fundamental para la toma de decisiones en el sector turístico, por lo que es importante establecer las propuestas y hallazgos de los investigadores en el tema, relacionado con una de las actividades económicas más importantes en el mundo: el turismo.

El turismo y el cambio climático

Si bien el turismo es una de las actividades que contribuye al CC, también sufre las consecuencias y, al mismo tiempo, se promueve como parte de las estrategias para lograr el desarrollo sustentable. Según Gossling (2009), en términos globales, el 40 % de las emisiones provocadas por el turismo se debe al uso del transporte aéreo, por lo que se ha promovido de diversas formas que empresas y turistas contribuyan a reducir las emisiones de dióxido de carbono. Por otra parte, el CC es una amenaza real para el patrimonio cultural y natural de la humanidad. Esto incluye eventos relacionados con el blanqueamiento del coral, la acidificación de los océanos, afectaciones al ciclo hidrológico, a las reservas montañosas de biosfera, las costas, por mencionar algunos que afectan también a los productos turísticos (UNESCO, 2009).

Sin embargo, aunque hay un acuerdo generalizado sobre el CC, existen investigadores que no lo aceptan en su totalidad. Por ejemplo, Shani y Arad (2014) han señalado que, a pesar de la existencia de estudios que proponen una postura diferente a la consensuada de forma inequívoca respecto al CC, los investigadores en turismo del mundo han optado en general, por tomar partido hacia la narrativa dominante del tema; pues excluyen los trabajos con ideas que difieren a los argumentos base de que el planeta se calienta a tasas destructivas sin precedente; donde la causa principal es de origen humano y es un proceso reversible hasta cierto punto.

La investigación propuesta evalúa la literatura sobre el tema, al tiempo que apela por un enfoque científico, escéptico y cauteloso en los estudios sobre el tema. Las dos corrientes a que se refieren los autores son la principal y «dominante» en un extremo y en el otro, los «escépticos». La primera se refiere a la desarrollada durante los últimos 25 años aproxima-

damente, sobre el calentamiento global como principal componente del CC y sus consecuencias, que ha dominado el discurso en la ciencia. Tiene el respaldo activo de la Organización de las Naciones Unidas y de la mayor parte de los países de occidente, donde el CC representa una amenaza clara y urgente para el planeta entero y sus habitantes.

La base de la teoría la constituyen los informes del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el cambio climático (IPCC, 2014) sobre tres argumentos en resumen: «(1) el planeta se calienta a un ritmo sin precedentes; (2) la actividad humana es la principal causa del calentamiento global, a través de la emisión de gases (principalmente dióxido de carbono), (3) […] es reversible a través del cambio de valores humanos y del estilo de vida[…]» (Shani & Arad, 2014, p.82). Esta idea dominante en el tema del CC, los mismos autores la resumieron como Calentamiento Global Antropogénico (CGA).

Los escépticos, que en general están respaldados también por trabajos científicos, pero son ignorados generalmente por los investigadores, se basan en la crítica a las imprecisiones de los modelos climáticos (Christy et al., 2010; Douglass & Christy, 2013) y la falta de correlación, por ejemplo, entre la concentración de dióxido de carbono y el incremento de la temperatura, entre otros (Shani & Arad, 2014), por lo que el calentamiento global en el tema de CC sigue siendo controvertido.

La labor de los autores permitió desatar una cadena de publicaciones en contra. La primera (Hall et al., 2015b), les refuta aludiendo que las investigaciones recientes proporcionan evidencia sustancial sobre los informes del CC y su origen; además, las emisiones de gases de efecto invernadero inducidas por el hombre, incluso de la industria del turismo, juegan un papel importante en el CC. Aunque algunos destinos pueden experimentar efectos netos positivos a corto plazo, todos los elementos del sistema turístico se verán afectados a largo plazo, al igual que el planeta. La expansión de las emisiones producidas por el sector del turismo implica la urgencia de que este sector reconozca, acepte y responda al CC. Los investigadores proponen que se debe alentar el debate sobre medidas de adaptación y mitigación relacionadas con el turismo, donde el escepticismo o la negación del CC es refutado. No hay tiempo para crear cortinas de humo que confundan y retrasen lo urgente (Hall et al., 2015b).

Estas ideas tuvieron contestación por parte de Shani y Arad (2015), que defienden la validez de sus argumentos a favor del escepticismo sobre el CC que continúa tratando de demostrar los serios inconvenientes de las evaluaciones actuales sobre el CC. Además, proporciona evidencias que socavan las valoraciones alarmistas según los autores. Finalmente, más

de medio centenar de investigadores apegados al discurso dominante (Hall et al., 2015a), elaboraron una nota en respuesta final a los dos artículos de Shani y Arad (2014, 2015), donde destacan las inexactitudes y la información errónea que utilizan. Señalan también que estas posturas pueden tener consecuencias negativas significativas a largo plazo, y que retardan la comprensión de las implicaciones del CC, la política climática para el turismo y la respuesta de este sector.

Aunque México contribuye con el 1.68 % a las emisiones globales de Gases Efecto Invernadero (WWF, n.d.), es uno de los principales países emisores que contribuyen al 75 % de las emisiones globales (*Union of Concerned Scientists,* 2020). Sin embargo, se destaca por su participación proactiva, al constituirse como el primer país que elaboró una Ley General de cambio climático (2012), la cual propone reducir, para el 2050, el 50 % de las emisiones contaminantes respecto de las del 2000 (SEMARNAT, 2017).

En marzo de 2015, México se suscribió a un plan de acción climático en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (Hidalgo Gallardo, Hidalgo Gallardo, Sánchez Torres & Leal López, 2017), que lo convierte en el primer país en desarrollo en llevar a cabo una acción de este tipo. Antes del año 2025, México anunció que estará generando el 35 % de su energía eléctrica con fuentes limpias, mientras que para 2030 el porcentaje se elevará a 43 %. Las metas para reducir las emisiones de efecto invernadero son de 22 % para 2030 y las de carbono negro en un 51 % menos (SEMARNAT, 2017).

Aunque existen planes, estrategias, compromisos y acciones en diversos sectores de gobierno y la academia con respecto al tema del CC, donde las emisiones juegan un papel importante (Instituto Nacional de Ecología y cambio climático, 2020), las aportaciones generales de los investigadores mexicanos en turismo que abordan el tema es desconocida, así como las características y enfoques que se utilizan. El objetivo de este estudio es caracterizar la producción académica de investigadores mexicanos sobre el turismo y el CC-CGA en México, en el contexto internacional, y las corrientes principales de pensamiento en relación al CC.

Métodos

Se realizó una revisión sistemática (Urrutia & Bonfill, 2010) de corte bibliométrico de las bases de datos multidisciplinarias disponibles en *Web of Science* (WoS), que ofrecen una plataforma de contenido científico de alta calidad y herramientas de análisis y gestión de la información

derivada de la investigación (Clarivate, 2020). Además, permiten filtrar y graficar resultados por países, autores, tipos de documentos, años y áreas del conocimiento, entre otros.

La búsqueda sobre el tema fue direccionada a través de la colección completa, que incluye más de 61 millones de registros de las principales publicaciones, actas de congresos y libros. Incluye *Sci-Expanded, Social Science Citation Index, A&HCI, BKCI-S, BKCI-SSH, ESCI, Derwent innovation Index, KCI-Korean Journal Database, Russian Science Citation Index y Scielo Citation Index (Trusted publisher-independent citation database - Web of Science Group,* 2020). La indagación se hizo utilizando la sintaxis de: *TOPIC: (climate change tourism*), Search language=Auto*, entre 1980 y 2019.

El total de registros encontrados fue de (3,019) y se analizaron por año, tipo de publicación, autores, país de origen de los mismos y áreas de investigación, según las clasifica WoS, donde un artículo puede pertenecer a más de un área. Posteriormente, se filtró por países/territorio (México), para localizar las contribuciones de investigadores mexicanos, que fueron 43. Con los textos completos de 35 documentos, las contribuciones de autores mexicanos con otros autores, se analizaron respecto al año, tipo de publicación, región de estudio (Pacífico, Golfo de México, Caribe, Interior), los enfoques utilizados basados en los hallazgos de Shani y Arad (2014) y apego al discurso dominante mencionado de CGA (Tabla 1.1). Finalmente se realizó una descripción de los hallazgos respecto a las características del estudio y las temáticas que abordan.

Tabla 1.1. Enfoques utilizados para clasificar las publicaciones de autores mexicanos en el tema de turismo y CC con base al enfoque dominante de CGA.

No.	Descripción del enfoque/objetivo
1	Previsión de impactos ambientales asociados al CC y al turismo (por ej. emisiones GEI, impactos al ecosistema, minimizar impactos en pro conservación, servicios ecosistémicos y especies, manejo de recursos, aspectos meteorológicos).
2	Previsión de impactos sociales y económicos del CC en el turismo (por ej. desplazamientos, consumo).
3	Comportamiento futuro de los turistas en las nuevas condiciones climáticas.
4	Evaluación del marco de trabajo para mitigar la contribución del turismo al CCG o viceversa.
5	Desarrollo de estrategias de adaptación para destinos turísticos.
6	Estudio de la conciencia de turistas, prestadores de servicios y empresarios; su disposición para hacer cambios. Fuente: elaboración propia, modificado de Shani y Arad (2014)

Resultados

Tipo de documentos publicados

De los 3,019 documentos identificados en todo el mundo que cumplieron los requisitos de búsqueda, se encontró que la mayoría tienen el formato de artículo de investigación (95.5 %) seguido de capítulos de libro, revisiones y libros, entre otros. Dominaron las contribuciones de autores estadounidenses, las australianas, inglesas y españolas, en ese orden. México resultó en el lugar 27 contribuyendo con el 1.42 % de las publicaciones, justo antes de Brasil, únicos países de Latinoamérica entre los primeros 30 países (Figura 1.1).

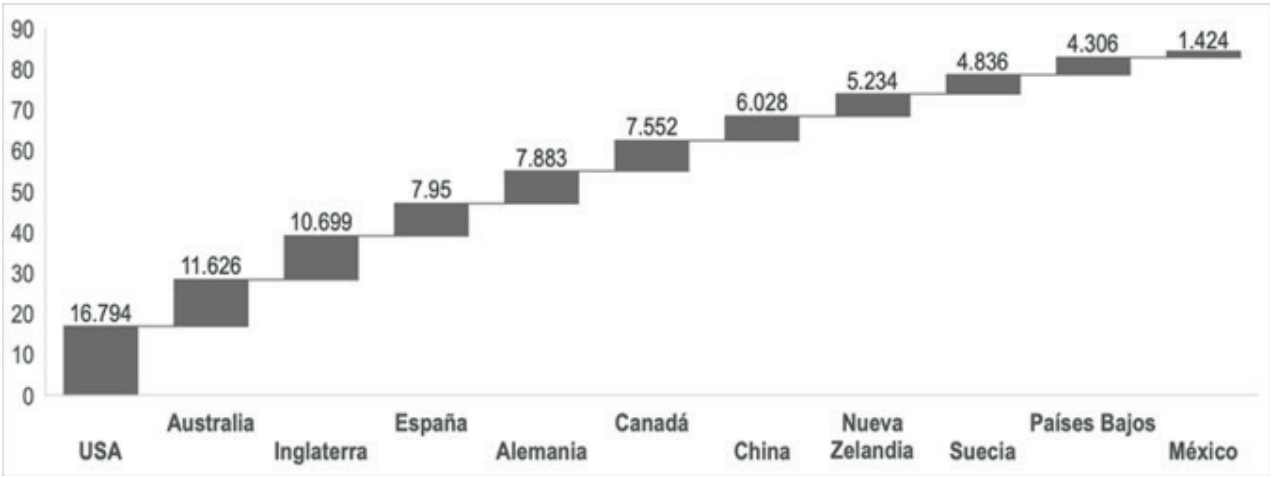


Figura 1.1. Porcentaje de publicaciones por país en el tema de CC y turismo (primeros 10 lugares y México)

Fuente: elaboración propia con base a las herramientas de análisis de datos de WoS

Áreas de investigación

Las principales áreas de WoS donde se publica sobre el tema a nivel mundial fueron: Ciencias Ambientales y Ecología, Ciencias Sociales y Meteorología. Para México, predominan las dos primeras áreas junto con la de Biología Marina y dulceacuícola, donde se publica el 76 % del total (Figura 1.2).

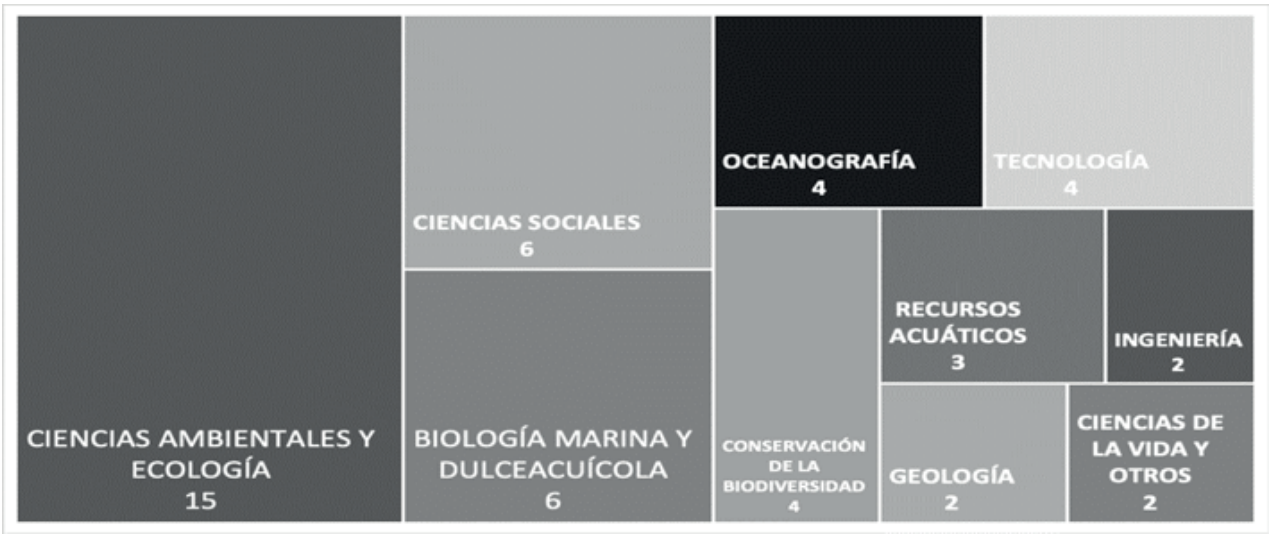


Figura 1.2. Principales áreas de investigación de WoS en las que se publican temas relacionados con turismo y CC en el mundo.

Fuente: elaboración propia con base a las herramientas de análisis de datos de WoS

Autores

Se localizaron 4318 autores que han participado en las publicaciones de todo el mundo, los tres principales que abordan el tema son C.M. Hall, S. Gossling y D. Scott, quienes en conjunto han publicado el 9 % sobre el turismo y CC. En México, el autor que más aparece en estas publicaciones es Rodolfo Silva (James et al., 2019; Lithgow, Martínez, Gallego-Fernández, Silva, & Ramírez-Vargas, 2019; Woo, Kim & Uysal, 2015life domain satisfaction (material/non-material; Reguero et al., 2019)erosion, and extreme weather events. Coral reefs and other coastal ecosystems act as natural defenses against coastal hazards, but their degradation increases risk to people and property. Environmental degradation, however, has rarely been quantified as a driver of coastal risk. In Quintana Roo, Mexico, a region on the Mexican Caribbean coast with an annual tourism economy of 10 billion USD, coral reefs constitute a natural barrier against flooding from hurricanes. This study spatially quantifies the risk reduction benefits of the Mesoamerican Reef in Quintana Roo for people, buildings, and hotel infrastructure. The risk reduction benefits are substantial. For example, the reefs prevented 43% additional damage during Hurricane Dean in (2007.

Publicaciones en el tiempo

El crecimiento de las publicaciones en este tema es evidente en los últimos años (Figura 1.3). En el 2019 se alcanzó un número considerable de estudios. El primer trabajo en el mundo publicado en estas bases de datos fue el de Cohen y Allsopp (1988) y aborda los impactos potenciales de escenarios de concentraciones de CO_2, relacionados con el CC en Ontario, Canadá, sobre todo con respecto a los lagos y su influencia en varios sectores como el turismo. En México, los primeros trabajos publicados fueron los de Yáñez-Arancibia y Day (2004) y, Rivera-Monroy et al. (2004). El primero aborda la integración del manejo costero referido al Golfo de México como mar semi-cerrado en riesgo, con una diversidad de problemas ambientales, entre ellos el ascenso del nivel del mar y cambios en los patrones de precipitación. Ante la falta de interés gubernamental, denunciaron la necesidad de un trabajo colaborativo binacional, así como la necesidad de evaluar los efectos de CC en la zona costera. El segundo trabajo, estableció al Caribe con signos de degradación ambiental por sus condiciones oligotróficas, pero reconoce su contribución al desarrollo económico en la región. Advierten que es una de las regiones más dependientes del turismo en el mundo y las consecuencias de la degradación de sus ecosistemas, pone en peligro a una población numerosa, por lo que concluyen la necesidad de los estudios ecológicos funcionales y estructurales de largo plazo, entre otros.

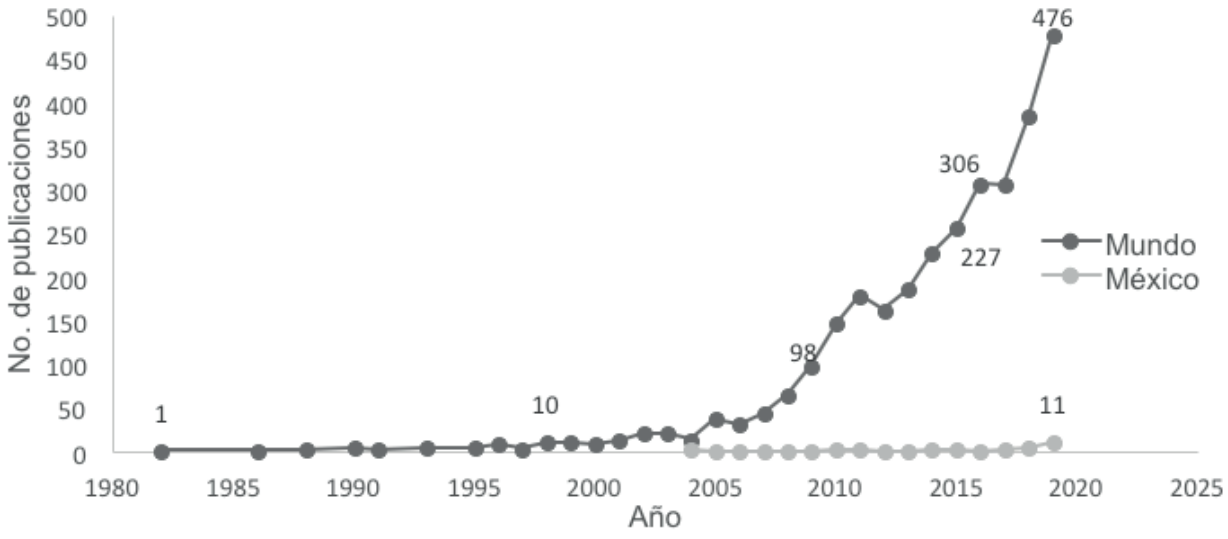


Figura 1.3. Publicaciones por año en el mundo y México, sobre CC y turismo

Características de las contribuciones mexicanas

Las 35 publicaciones revisadas acerca del tema en México representan el 1.16 % de las publicaciones en el mundo, la mayoría en formato de artículo (88.5 %). Las regiones más incluidas en los trabajos fueron el Golfo de México y Caribe (en el 51 % de los documentos), seguido del Pacífico (28.5 %); el resto fueron referidos al país en general o a sitios del interior. Todos los enfoques (1-6) referidos por Shani y Arad (2014) y mostrados en la tabla 1, fueron identificados en los trabajos mexicanos, no obstante los enfoques 1 y 2 (sobre previsión de impactos ambientales, sociales y económicos) fueron los más frecuentes (85 %) (Tabla 1.2).

Tabla 1.2. Características de las contribuciones que relacionan el CC y el Turismo en México

No	Cita	Tipo	Enfoque	Zona
1	(Rivera-Monroy et al., 2004)	Artículo	1	El Caribe
2	(Yáñez-Arancibia & Day, 2004)	Artículo	1,2	Golfo de México
3	(Hoegh-Guldberg et al., 2007)	Artículo	1,2	General/Caribe
4	(Pinkus Rendón, 2009)	Artículo	1,2	Cañón del Usumacinta (Tabasco)
5	(Palacio-Núñez et al., 2010)	Artículo	1	Laguna de la Media Luna (SLP)
6	(Aranda Cirerol, 2010)c	Cap. libro	1,4	Yucatán
7	(Wild et al., 2011)	Artículo	1	General
8	(López-García & Alcántara-Ayala, 2012)	Artículo	1,2	Angangueo (Michoacán)
9	(Cornejo-Ortega, Chávez-Dagostino, & Massam, 2013)	Artículo	1	Bahía de Banderas
10	(Baker, Rodríguez-Martínez, & Fogel, 2013)	Artículo	1	Arrecife mesoamericano
11	(Gómez-Merino et al., 2013)	Artículo	1	General
12	(Vidal & Rendón-Salinas, 2014)	Artículo	1	Angangueo, (Mich. y EUA
13	(Cornejo Ortega & Chávez Dagostino, 2014)	Artículo	1	Bahía de Banderas
14	(Pedrozo-Acuña, Damania, Laverde-Barajas, & Mira-Salama, 2015)	Artículo	1	Quintana Roo
15	(Legorreta-Ramírez, Osorio-García, Palafox-Muñoz, & Bringas-Rábago, 2015)	Artículo	1, 2	Cozumel
16	(Dupuy Rada et al., 2015)	Cap. libro	1	Yucatán
17	(Lagunes-Díaz, González-Ávila, Díaz-Castro, Poujol, & Ortega-Rubio, 2016)	Artículo	1,2,4	Baja California Sur
18	(Cortés & Reyes-Bonilla, 2017)	Cap. libro	1	Pacífico tropical Oriental
19	(Perera-Valderrama et al., 2017)	Artículo	1,2	Caribe
20	(Peniche, Laure, & Cázares, 2017)	Artículo	1	Puerto Vallarta
21	(Azuz-Adeath, Muñoz-Sevilla, & Cortés-Ruíz, 2018)	Cap. libro	1	General
22	(Rubio, 2018)	Cap. libro	1,2	Zipolite (Oaxaca)
23	(Vázquez-Valencia & García-Almada, 2018)	Artículo	1,2	Cihuatlán (Jalisco)

Tabla 1.2 Características de las contribuciones que relacionan el CC y el Turismo en México (continuación)

No	Cita	Tipo	Enfoque	Zona
24	(Robles-Zavala & Chang Reynoso, 2018)	Artículo	1,2	Cabo Pulmo, Islas Marietas y Huatulco
25	(Castelblanco-Martínez et al., 2019)	Artículo	1	Caribe mexicano
26	(Ruíz-Ramírez, Euán-Ávila, & Rivera-Monroy, 2019)Isla Mujeres, Playa del Carmen, Puerto Morelos and Cozumel	Artículo	2	Quintana Roo
27	(James et al., 2019)	Artículo	1	Quintana Roo
28	(Imaz-Lamadrid, Wurl, & Ramos-Velázquez, 2019)	Artículo	1, 5	Baja California Sur
29	(Reguero et al., 2019)	Artículo	1,2	Quintana Roo
30	(Olivera & Heard, 2019)	Artículo	1,2	Pacífico mexicano: Jalisco-Oaxaca
31	(Mc Coy Cador, Martínez Casas, & Aguiar Alayola, 2019)	Artículo	1,2,4	Cancún
32	(Lithgow et al., 2019)	Artículo	2, 5	Golfo de México y Caribe mexicano
33	(Rodríguez-Huerta, Rosas-Casals, & Hernández-Terrones, 2019)	Artículo	1,2	Yucatán
34	(León, 2019)	Artículo	1,2,4	Caribe
35	(Lara Figueroa & García-Salazar, 2019)	Artículo	1, 3, 5, 6	México (interior, playas, fronteras)

Fuente: elaboración propia

Las contribuciones mexicanas están relacionadas con los impactos ambientales, especialmente para los ecosistemas marinos y arrecifes coralinos. Ante el creciente desarrollo costero, donde el CC los afecta en diversas formas, uno de los más dramáticos es que impide su construcción (Wild et al*.,* 2011). Los escenarios futuros para estos ecosistemas presentan las consecuencias más graves para la pesca asociada al arrecife, el turismo, la protección y población costera. Se requiere una acción decisiva sobre las emisiones globales para evitar la pérdida de ecosistemas dominados por corales (Hoegh-Guldberg et al., 2007). Los impactos del turismo sobre los ecosistemas han sido estudiados por Baker et al. (2013) y Cortés y Reyes-Bonilla (2017). Su restauración parece estar asociada negativamente al turismo (Perera-Valderrama et al*.*, 2017).

El CC y el desarrollo en las costas aumentan los riesgos de erosión, inundaciones y eventos extremos, si se suma la degradación de los ecosistemas costeros como los arrecifes coralinos, los riesgos se exacerban. Los beneficios en la reducción de riesgos gracias al arrecife Mesoamericano fueron evaluados y se consideraron substanciales para la gente e infraestructura hotelera (Reguero et al., 2019)erosion, and extreme weather events. Coral reefs and other coastal ecosystems act as natural defenses against coastal hazards, but their

degradation increases risk to people and property. Environmental degradation, however, has rarely been quantified as a driver of coastal risk. In Quintana Roo, Mexico, a region on the Mexican Caribbean coast with an annual tourism economy of 10 billion USD, coral reefs constitute a natural barrier against flooding from hurricanes. This study spatially quantifies the risk reduction benefits of the Mesoamerican Reef in Quintana Roo for people, buildings, and hotel infrastructure. The risk reduction benefits are substantial. For example, the reefs prevented 43% additional damage during Hurricane Dean in (2007. James et al. (2019) proponen la estabilización natural de la costa, utilizando pastos marinos y algas, que puede ser una solución resiliente y de largo plazo.

Por otra parte, el futuro de las lagunas costeras en zonas áridas, bajo el contexto del CC y presión antropogénica, preocupa a los investigadores, quienes elaboraron un modelo para predecir cambios en el ingreso de agua dulce-salada (Imaz-Lamadrid et al., 2019); lo cual puede ayudar a predecir escenarios de las lagunas costeras y servir de base para la planificación del territorio, conservación de la naturaleza y gestión sostenible de estos ecosistemas.

La calidad del agua costera también se ve afectada por el aumento del desarrollo económico. La conciencia ambiental está rezagada y faltan sistemas eficientes de tratamiento de residuos como, por ejemplo, la península de Yucatán bajo el influjo del turismo, donde el ecoturismo es importante. Por ello se propone la existencia de programas permanentes de monitoreo de la calidad del agua, de los procesos oceanográficos y biogeoquímicos que controlan la dinámica de la calidad del agua, que son influidos por eventos estocásticos y por el cambio climático (Aranda Cirerol, 2010). Pinkus Rendón (2009) estableció que las comunidades mayas son una muestra de que el discurso sobre el ecoturismo dista de la realidad local, ya que, aunque se aludía a beneficios sociales y ambientales, no existía criterios concretos en relación a los impactos sociales, económicos y ambientales, por lo que el ecoturismo no pasaba de ser una etiqueta discursiva.

La huella de carbono relacionada con el viaje aéreo en destinos turísticos (Peniche et al., 2017) o en actividades consideradas de bajo impacto como la observación de ballenas, también ha sido estudiada por su contribución al CC (Cornejo-Ortega & Chávez-Dagostino, 2014). La pérdida de hábitat por condiciones climáticas y de origen antropogénico como deforestación y turismo no regulado, ponen en peligro muchas especies como la mariposa monarca (López-García & Alcántara-Ayala, 2012; Vidal & Rendón-Salinas, 2014) y en general a la biodiversidad y los servicios que provee, debido a políticas de beneficio económico a corto plazo (Dupuy et al., 2015).

El CC es presentado como uno de los desafíos que el turismo rural debe abordar. Se propone potenciarlo como medio para ayudar a lograr retos relacionados con la pobreza y la producción de alimentos y, a su vez, contribuir a la disminución de impactos negativos (Gómez-Merino et al., 2013). Los autores analizan la situación actual del paisajismo y el turismo rural, y aportan estrategias que permitan impulsarlos como ejes detonadores del desarrollo sustentable.

Las evaluaciones de impactos del CC en el nivel del mar (Pedrozo-Acuña et al., 2015)located in the Caribbean, is an area of high environmental and socio-economic value. Its low elevation and long coastline render the State physically and economically highly vulnerable to accelerated sea-level rise. The purpose of this study is to undertake an initial assessment of the potential land loss and costs that might eventuate by flooding due to sea-level rise (SLR y las medidas de mitigación y adaptación ante peligros hidrometeorológicos también se incluyen entre los intereses de los investigadores (Legorreta-Ramírez et al., 2015), así como el desarrollo de métodos que permitan evaluar de forma más adecuada la probabilidad de los eventos meteorológicos extremos como la precipitación, tema de interés para varios sectores como el turismo y la agricultura, abordado por Olivera y Heard (2019).

Otros trabajos se centran en los procesos sociales y políticos asociados al CC y los beneficios del turismo para las comunidades locales (Pinkus Rendón, 2009). También se han evaluado los impactos económicos del incremento del nivel del mar relacionado con la infraestructura y población a lo largo del Caribe mexicano, donde el peor escenario de la inacción tendría un costo de hasta 2.3 miles de millones de dólares (Ruíz-Ramírez et al., 2019)Isla Mujeres, Playa del Carmen, Puerto Morelos and Cozumel. Ante la amenaza sobre la biodiversidad en el Caribe mexicano, es importante la certeza del tamaño de las poblaciones, por lo que se han revisado los métodos de conteo de mega-invertebrados (Castelblanco-Martínez et al., 2019).

La mayor cantidad de artículos publicados se encontraron en el 2019, y los temas se centran más en el turismo que en años anteriores. Por ejemplo, se midió el impacto de los programas de fomento en la demanda turística y se encontró que una de las variables de mayor impacto fue la climática, por lo que se considera necesario fortalecer programas ambientales que inhiban el CC en los destinos turísticos (Lara Figueroa & García-Salazar, 2019).

La compresión de la costa o «coastal squeeze», como lo llaman los autores, ocurre cuando la pérdida de hábitats costeros se vuelve crónica, asociada con procesos como el incre-

mento del nivel del mar y el hundimiento de la tierra, la escasez de sedimentos y el cambio de uso del suelo, afectando diversas actividades como el turismo (Lithgow et al., 2019)land subsidence, sediment deficit and the occupation of space by infrastructure. This phenomenon may also affect socioeconomic activities such as tourism. The goal of this study was to explore the co-occurrence of tourism with coastal squeeze and flooding along the coasts of the Mexican Gulf of Mexico and Mexican Caribbean. Our results reveal that thirty percent of the tourist destinations are exposed to flooding; 62% of the total study area had a moderate to severe degree of coastal squeeze and 66% of the hotels are in squeezed beaches. Finally, we found that most tourist destinations undergoing coastal squeeze are in flood-prone sites, placing communities in high-risk conditions. Different alternatives (such as ecosystem-based protection. Los investigadores encontraron que en costas del Golfo de México y el Caribe mexicano, el 30 % de los destinos turísticos están expuestos a las inundaciones y que el 62 % del área total de estudio estaba «comprimida». El 66 % de los hoteles se encuentran en este tipo de playas, lo que indica comunidades turísticas de alto riesgo. Una de sus propuestas para mitigar el problema a futuro es la protección presente basada en el ecosistema.

Uno de los problemas que, desde el 2011, también amenaza al turismo en el Caribe, y que ha unido a varios países, es el enfrentamiento al fenómeno de las algas pardas flotantes, el sargazo, que ha deteriorado el paisaje y, entre otras cosas, ha permitido revalorar el recurso «playa». Se reconoce que el fenómeno está asociado al CC y que es una muestra de la vulnerabilidad del país, donde el gobierno federal ha tenido respuesta limitada (León, 2019). Los tomadores de decisiones sobre el manejo costero, necesitan escenarios y opciones para preservar la estructura y función de las playas, con base en la información científica disponible, por lo que proponen modelos y estrategias de implementación y monitoreo en el contexto del manejo local de playas (Azuz-Adeath et al., 2018).

Se han provocado cambios en la respuesta hidrológica y en el ciclo del agua, efectos que han sido mal entendidos. Un enfoque novedoso sobre el consumo del agua se utilizó en Yucatán, considerando este recurso bajo la tendencia de crecimiento socioeconómico y del CC. Con la utilización de una herramienta interdisciplinaria se generó una nueva narrativa sobre cómo se desarrolla la región vinculada a los usos distintos del agua. Las consecuencias planteadas son preocupantes con base a la considerable reducción de la recarga subterránea para el año 2030, tanto en los sectores de servicios como el turismo, así como para la agricultura (Rodríguez-Huerta et al., 2019)using the interdisciplinary tool MuSIASEM. Societal metabolism together with metabolic patterns generate a new narrati-

ve on how the YP development is linked to the uses of water, considering social functions, as well as the biophysical limits established by the annual recharge of groundwater, being it the main source of water supply. Given the current trends in YP socio-economic growth and climate change scenarios, our results show superlinear scaling relations between water metabolic rate and water consumption which leads increase in water consumption and 23% decrease in groundwater recharge by the year 2030. The consequences of this scenario are particularly worrying for the near future, given the current socio-economic structure in YP, highly dependent both on the services (i.e., tourism.

Una de las preocupaciones de los investigadores es impulsar la evaluación de la sostenibilidad y calidad de vida utilizando indicadores que incluyen el CC y el medio ambiente, el desarrollo urbano integral, los temas fiscales y la gobernabilidad. Mc Coy Cador et al. (2019) propusieron una herramienta metodológica diseñada para el gobierno local con el fin de evaluar estos indicadores y otros relacionados con el turismo en Cancún. Otro trabajo que propone un conjunto de indicadores municipales, enfocados en tres sectores principales, uno de estos el turismo, lo que permite avanzar hacia un desarrollo sostenible (Vázquez-Valencia & García-Almada, 2018).

Es frecuente la descripción de problemas que subyacen al desarrollo turístico, a veces acompañados de estrategias de mitigación posibles; sin embargo, el tema de adaptación es menos frecuente. Uno de los artículos revisados enfoca la discusión en cómo las políticas de adaptación al CC describen y evalúan los riesgos ambientales que ponen en peligro el desarrollo turístico, entre otros (Rubio, 2018).

Conclusiones

Todos los artículos revisados se insertan en la corriente dominante que responde a las ideas consensuadas del CC sin cuestionar, y como eje central el CGA mencionado anteriormente, hecho que concuerda con lo que encontraron Shani y Arad (2014) a nivel internacional. La mayoría de estos estudios se relacionan con el objetivo de la previsión/evaluación de impactos del CC, como las emisiones e influencia a ecosistemas y especies, por causa o relacionado con el turismo. Los enfoques prácticamente ausentes en la producción académica publicada fueron el comportamiento futuro de los turistas en las nuevas condiciones climáticas, la evaluación de marcos de trabajo para mitigar la contribución del turismo al CCG, el desarrollo de estrategias de adaptación para destinos turísticos y el estudio de la

conciencia de turistas, prestadores de servicios y empresarios, así como su disposición para hacer cambios, por lo que estos temas deberían abordarse a corto plazo por los investigadores mexicanos.

La producción de Latinoamérica está poco representada; solamente México y Brasil se ubican entre los 30 principales países que contribuyen al tema. En las bases consultadas, los aportes al conocimiento del CC y el turismo, por parte de investigadores mexicanos, contribuyen con el 1.4 % del total e iniciaron a partir del 2004 con una tendencia creciente; en tanto en el mundo estas publicaciones comenzaron al principio de la década de los 80.

Sobresalen en este campo las Ciencias Naturales, similar a lo que sucede a nivel global, con la diferencia del área de investigación en Meteorología, que en México no aparecen importantes aportes al tema. El Caribe y el Golfo de México estuvieron mejor representados en estos estudios que el Pacífico y el interior, lo que puede explicarse por el desarrollo de la actividad turística en las costas y la presencia de sistemas coralinos.

Este estudio tiene la limitante mencionada por Alonso-Gamboa y Reyna-Espinosa (2016) respecto a los escenarios encontrados, donde la producción del mundo académico desarrollado «del norte» se publica en bases como WoS y son relativamente inaccesibles para los «del sur» por diversas razones, lo que afecta la representatividad mexicana en estas bases. Resulta necesario ampliar la búsqueda en otras bases que incluyan más trabajos en español.

Referencias bibliográficas

Alonso-Gamboa, J. O., & Reyna-Espinosa, F. R. (2016). Revistas académicas mexicanas. Panorama y prospectiva. Ciencia Ergo-Sum, 22(3), 181–191.

Aranda Cirerol, N. (2010). Coastal ecotourism and water quality in Yucatan peninsula. In A. Krause & E. Weir (Eds.), Ecotourism: Management, Development and Impact (pp. 213–225). UK: Nova Science.

Azuz-Adeath, I., Muñoz-Sevilla, N., & Cortés-Ruíz, A. (2018). From sediment movement to morphodynamic changes, useful information from the modeling world to the beach management practice. In Coastal Research Library (Vol. 24, pp. 259–272). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58304-4_13

Baker, D. M., Rodríguez-Martínez, R. E., & Fogel, M. L. (2013). Tourism's nitrogen footprint on a Mesoamerican coral reef. Coral Reefs, 32(3), 691–699. https://doi.org/10.1007/s00338-013-1040-2

BID. (2020). Nuevas Oportunidades de Desarrollo. Retrieved July 8, 2020, from https://www.iadb.org/es/cambio-climatico/nuevas-oportunidades-de-desarrollo

Castelblanco-Martínez, D. N., Blanco-Parra, M. P., Charruau, P., Prezas, B., Zamora-Vilchis, I., & Niño-Torres, C. A. (2019). Detecting, counting and following the giants of the sea: a review of monitoring methods for aquatic megavertebrates in the Caribbean. Wildlife Research, 46(7), 545. https://doi.org/10.1071/WR19008

Christy, J. R., Herman, B., Pielke, R., Klotzbach, P., McNider, R. T., Hnilo, J. J., Douglass, D. (2010). What do observational datasets say about modeled tropospheric temperature trends since 1979? Remote Sensing, 2(9), 2148–2169. https://doi.org/10.3390/rs2092148

Clarivate. (2020). Web of Science Todas las bases de datos Ayuda. Retrieved August 24, 2020, from

Cohen, S. J., & Allsopp, T. R. (1988). The Potential Impacts of a Scenario of CO_2-Induced Climatic Change on Ontario, Canada. Journal of Climate. American Meteorological Society. https://doi.org/10.2307/44363881

Cornejo Ortega, J. L., & Chávez Dagostino, R. M. (2014). Carbon footprint of whale watching humpbacked (Megaptera novaeangliae) islands in Marietas, Nayarit, Mexico. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 30(1).

Cornejo-Ortega, J. L., Chávez-Dagostino, R. M., & Massam, B. H. (2013). Sustainable Tourism: Whale Watching Footprint in the Bahía de Banderas, México. Journal of Coastal Research, 292, 1445–1451. https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-12-00213.1

Cortés, J., & Reyes-Bonilla, H. (2017). Human Influences On Eastern Tropical Pacific Coral Communities and Coral Reefs (pp. 549–563). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-017-7499-4_20

Douglass, D. H., & Christy, J. R. (2013). Reconciling Observations of Global Temperature Change: 2013. Energy & Environment, 24(3–4), 415–419. https://doi.org/10.1260/0958-305X.24.3-4.415

Dupuy Rada, J. M., Durán García, R., García-Contreras, G., Arellano Morín, J., Acosta Lugo, E., Méndez González, M. E., & Andrade Hernández, M. (2015). Conservation and use. In Biodiversity and Conservation of the Yucatan Peninsula (pp. 169–193). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-06529-8_8

Económico Administrativas Del ICEA, 5(9). https://doi.org/10.29057/icea.v5i9.2126

Gómez-Merino, F., García, J, C., Trejo, L., Morales, V., García, C., & Pérez, J. (2013). Paisaje y turismo rural en México: fortalezas y desafíos para su potenciación. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 5, 1027–1042.

Gossling, S. (2009). Carbón neutral destinations: A conceptual analysis. Journal of Sustainable Tourism, 17(1), 17–37. https://doi.org/10.1080/09669580802276018

Hall, C. M., Amelung, B., Cohen, S., Eijgelaar, E., Gössling, S., Higham, J., Weaver, D. (2015a). Denying bogus skepticism in climate change and tourism research. Tourism Management, 47, 352–356. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2014.08.009

Hall, C. M., Amelung, B., Cohen, S., Eijgelaar, E., Gössling, S., Higham, J., Weaver, D. (2015b). No time for smokescreen skepticism: A rejoinder to Shani and Arad. Tourism Management, 47, 341–347. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2014.08.008

Hidalgo Gallardo, A., Hidalgo Gallardo, R. L., Sánchez Torres, Y., & Leal López, Á. J. (2017). Compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático para el período 2020-2030 – México. Boletín Científico de Las Ciencias

Hoegh-Guldberg, O., Mumby, P. J., Hooten, A. J., Steneck, R. S., Greenfield, P., Gomez, E., … Hatziolos, M. E. (2007). Coral Reefs Under Rapid Climate Change and Ocean Acidification. Science, 318(5857), 1737–1742. https://doi.org/10.1126/science.1152509
https://clarivate.com/webofsciencegroup/solutions/web-of-science/
https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[0843:ACFTDL]2.0.CO;2
https://images.webofknowledge.com/WOKRS517B4/help/es_LA/WOK/hp_analyze_results.html
https://www.gob.mx/semarnat/articulos/compromisos-de-mexico-ante-el-cambio-climatico

Imaz-Lamadrid, M. A., Wurl, J., & Ramos-Velázquez, E. (2019). Future of coastal lagoons in arid zones under climate change and anthropogenic pressure. A case study from San Jose Lagoon, Mexico. Resources, 8(1), 1–15. https://doi.org/10.3390/resources8010057

Instituto Nacional de Ecología y Cambio climático. (2020). Investigaciones 2020-2013 en materia de adaptación al cambio climático |. Retrieved August 23, 2020, from https://www.gob.mx/inecc/documentos/investigaciones-2018-2013-en-materia-de-adaptacion-al-cambio-climatico

IPCC. (2007). Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. (M. Parry, O. Canziani, J. Palutikof, P. van der Linden, & C. Hanson, Eds.). Cambridge: Cambridge University Press. Retrieved from https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg2/

IPCC. (2014). Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415416

IPCC. (2019). Calentamiento global de 1,5 °C. Intergovernmental Panel on Climate Change.

James, R. K., Silva, R., Van Tussenbroek, B. I., Escudero-Castillo, M., Mariño-Tapia, I., Dijkstra, H. A., Bouma, T. J. (2019). Maintaining Tropical Beaches with Seagrass and Algae: A Promising Alternative to Engineering Solutions. BioScience, 69(2), 136–142. https://doi.org/10.1093/biosci/biy154

Lagunes-Diaz, E., González-Ávila, M. E., Diaz-Castro, S., Poujol, F., & Ortega-Rubio, A. (2016). Energy consumption drivers: Demand side management vs device penetration, which is stronger? Implications in climate change in arid Mexico. Fresenius Environmental Bulletin, 25(8), 3023–3029.

Lara Figueroa, H. N., & García-Salazar, E. M. (2019). Programas de fomento turístico gubernamental: Un análisis de sus efectos en treinta destinos de interior, playa y frontera en México. Revista Interamericana de Ambiente y Turismo, 15(2), 148–161. https://doi.org/10.4067/s0718-235x2019000200148

Legorreta-Ramírez, A., Osorio-García, M., Palafox-Muñoz, A., & Bringas-Rábago, N. (2015). Medidas de mitigación y adaptación ante fenómenos hidrometeorológicos. El caso del sector hotelero en la isla de Cozumel, Quintana Roo, México. Estudios y Perspectivas En Turismo Volumen, 24(2), 336–355.

León, C. (2019). El sargazo a escena. Salud Pública de México, 61(5, sep-oct), 701. https://doi.org/10.21149/10870

Lithgow, D., Martínez, M. L., Gallego-Fernández, J. B., Silva, R., & Ramírez-Vargas, D. L. (2019). Exploring the co-occurrence between coastal squeeze and coastal tourism in a changing climate and its consequences. Tourism Management, 74, 43–54. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2019.02.005

López-García, J., & Alcántara-Ayala, I. (2012). Land-use change and hillslope instability in the monarch butterfly biosphere reserve, central Mexico. Land Degradation and Development, 23(4), 384–397. https://doi.org/10.1002/ldr.2159

Mc Coy Cador, C., & Sosa Ferreira, A. P. (2016). Causas y efectos de un destino no sustentable: Caso Playas Públicas de Cancún, Quintana Roo. El Periplo Sustentable, (31).

Mc Coy Cador, C., Martínez Casas, M. Gabriel, & Aguiar Alayola, P. (2019). Cancún, ciudad emergente: una propuesta de aplicación del modelo "Balance Scorecard" como método para evaluar la sostenibilidad y calidad de vida. El Periplo Sustentable, (37), 241–277.

Olivera, S., & Heard, C. (2019). Increases in the extreme rainfall events: Using the Weibull distribution. Environmetrics, 30(4), 1–9. https://doi.org/10.1002/env.2532

Palacio-Núñez, J., Verdú, J. R., Numa, C., Jiménez-García, D., Oropeza, G. O., & Galante, E. (2010). Freshwater fish's spatial patterns in isolated water springs in North-eastern México. Revista de Biología Tropical, 58(1), 413–426. https://doi.org/Article

Pedrozo-Acuña, A., Damania, R., Laverde-Barajas, M. A., & Mira-Salama, D. (2015). Assessing the consequences of sea-level rise in the coastal zone of Quintana Roo, México: the costs of inaction. Journal of Coastal Conservation, 19(2), 227–240. https://doi.org/10.1007/s11852-015-0383-y.

Peniche, S., Laure, A., & Cázares, L. (2017). El impacto ambiental del turismo internacional: caso de la huella de carbono de los vuelos internacionales hacia Puerto Vallarta, Jalisco, México. Revista Investigaciones Turísticas, (14), 45–62. https://doi.org/10.14198/inturi2017.14.03

Perera-Valderrama, S., Hernández-Arana, H., Ruiz-Zárate, M. Á., Alcolado, P. M., Caballero-Aragón, H., González-Cano, J.,… de la Guardia-Llansó, E. (2017). Temporal dynamic of reef benthic communities in two marine protected areas in the Caribbean. Journal of Sea Research, 128, 15–24. https://doi.org/10.1016/j.seares.2017.07.007

Pinkus Rendón, M. J. (2009). Política ecológica y ecoturismo. Uso y apropiación de los territorios mayas en Tabasco. Revista Pueblos y Fronteras Digital, 5(8), 127–175.

Reguero, B. G., Secaira, F., Toimil, A., Escudero, M., Díaz-Simal, P., Beck, M. W., Losada, I. J. (2019). The risk reduction benefits of the mesoamerican reef in Mexico. Frontiers in Earth Science, 7(May), 1–21. https://doi.org/10.3389/feart.2019.00125

Rivera-Monroy, V. H., Twilley, R. R., Bone, D., Childers, D. L., Coronado, C., Feller, I. C., Rejmankova, E. (2004). A Conceptual Framework to Develop Long-Term Ecological Research and Management Objectives in the Wider Caribbean Region. Bio Science.

Robles-Zavala, E., & Chang Reynoso, A. G. (2018). The recreational value of coral reefs in the Mexican Pacific. Ocean and Coastal Management, 157, 1–8. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.02.010

Rodríguez-Huerta, E., Rosas-Casals, M., & Hernández-Terrones, L. M. (2019). Water societal metabolism in the Yucatan Peninsula. The impact of climate change on the recharge of groundwater by 2030. Journal of Cleaner Production, 235, 272–287. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.310

Rubio, I. (2018). Tourism, environmental damage and climate policy at the coast of Oaxaca, Mexico. In S. Kleep & L. Chavez-Rodríguez (Eds.), A Critical Approach to Climate Change Adaptation Discourses, Policies and Practices (p. 302). Routledge.

Ruiz-Ramírez, J. D., Euán-Ávila, J. I., & Rivera-Monroy, V. H. (2019). Vulnerability of Coastal Resort

Cities to Mean Sea Level Rise in the Mexican Caribbean. Coastal Management, 47(1), 23–43. https://doi.org/10.1080/08920753.2019.1525260

SEMARNAT. (2017). Compromisos de México ante el cambio climático |. Retrieved August 23, 2020, from

Shani, A., & Arad, B. (2014). Climate change and tourism: Time for environmental skepticism. Tourism Management, 44, 82–85. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2014.02.014

Shani, A., & Arad, B. (2015). There is always time for rational skepticism: Reply to Hall et al. Tourism Management, 47, 348–351. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2014.09.013

Trusted publisher-independent citation database - Web of Science Group. (2020). Retrieved July 8, 2020, from

UNESCO. (2009). Cambio climático y patrimonio mundial. Retrieved from http://whc.unesco.org

Union of Concerned Scientists. (2020). Emisiones de CO_2 por país | Union of Concerned Scientists. Retrieved August 23, 2020, from https://es.ucsusa.org/resources/emisiones-de-co2-por-pais

Urrutia, G., & Bonfill, X. (2010). Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. Medicina Clínica, 135(11), 507–511. https://doi.org/10.1016/j.medcli.2010.01.015

Vázquez-Valencia, R. A., & García-Almada, R. M. (2018). Psr and Dpsir Indicators for Analysis of Sustainability in the Municipality of Cihuatlan, Jalisco, México. Noesis-Revista De Ciencias Sociales Y Humanidades, 27(53, 1), 1–26. https://doi.org/10.20983/noesis.2018.3.1

Vidal, O., & Rendón-Salinas, E. (2014). Dynamics and trends of overwintering colonies of the monarch butterfly in Mexico. Biological Conservation. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.09.041

Wild, C., Hoegh-Guldberg, O., Naumann, M. S., Colombo-Pallotta, M. F., Ateweberhan, M., Fitt, W. K., Van Woesik, R. (2011). Climate change impedes scleractinian corals as primary reef ecosystem engineers. Marine and Freshwater Research, 62(2), 205–215. https://doi.org/10.1071/MF10254

Woo, E., Kim, H., & Uysal, M. (2015). Life satisfaction and support for tourism development. Annals of Tourism Research, 50, 84–97. https://doi.org/10.1016/j.annals.2014.11.001

WWF. (n.d.). Política Climática Nacional. Retrieved August 23, 2020, from https://www.wwf.org.mx/que_hacemos/cambio_climatico_y_energia/politica_climatica_nacional2/

Yáñez-Arancibia, A., & Day, J. W. (2004). The Gulf of Mexico: towards an integration of coastal management with large marine ecosystem management. Ocean & Coastal Management, 47(11), 537–563. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2004.12.001

Zentella, J. C., Urdapilleta, G., & Quiroz, D. (2014). Guía Local de acciones de alto impacto en materia de mitigación y adaptación al Cambio climático en destinos turísticos mexicanos. Retrieved from http://www.sectur.gob.mx/2017/TuristismoSustentable/CambioClimatico/II.2.3 Guía Local de Acciones de Alto Impacto Cambio Climático 2014.pdf

CUANTIFICACIÓN DE RESILIENCIA EN SISTEMAS DE INFRAESTRUCTURA URBANA COSTERA

ANITA MARTÍNEZ MÉNDEZ
OSCAR FRAUSTO MARTÍNEZ

CAPÍTULO 2



Cuantificación de resiliencia en sistemas de infraestructura urbana costera

Anita Martínez Méndez y Oscar Frausto Martínez
REDESCLIM - División de Desarrollo Sostenible, Universidad de Quintana Roo, Avenida Andrés Quintana Roo S/N, Frente a colonia San Gervasio, Cozumel, Quintana Roo, 077600 – México
ofrausto@uqroo.edu.mx

Introducción

Los sistemas de infraestructura urbana son considerados factores críticos y elementos claves en los momentos de crisis para la prosperidad, el crecimiento y la conexión inter e intraurbana de las ciudades, según O'Rourke (2007); Tamvakis y Xenidis (2013).

Los tiempos de dificultades se han asociado con los riesgos del cambio climático, uno de los mayores desafíos mundiales, de los que no están exentos los sistemas de infraestructura. El clima, fluctuante e impredecible, representa determinados peligros, pues dichos sistemas tienen perdurable vida útil de operación y son sensibles, tanto al clima existente en la etapa de construcción, como a las variaciones meteorológicas a lo largo de las décadas de uso (O'Rourke, 2007; Gallego y Essex, 2016).

Ese contexto puso en alerta la preocupación de diversas instituciones estatales, nacionales e internacionales, lo cual ha llevado a la creación de políticas públicas con estrategias que formulan reducir los daños e interrumpir los servicios. Además, proponen fortalecer su resiliencia en los sistemas de infraestructura ante eventos asociados al cambio climático. Como muestra de ello, se tiene a nivel nacional la entidad «Estrategia Nacional del Cambio climático» y el «Plan Nacional de Infraestructura»; para una escala internacional, «el Marco de Acción de Sendai» y los «Objetivos de Desarrollo Sostenible».

En el ámbito científico, algunos investigadores y organizaciones desarrollaron propuestas para permitir la integración del paradigma de la resiliencia en los sistemas de infraestructura y así cuantificarla, evaluarla y fortalecerla. Algunos de ellos son Labaka et al. (2016); Butler et al. (2014, 2017); Hosseini, Barker y Ramírez (2016); Schoen et al. (2015); World Bank

(2015); Cutter et al. (2014); Francis y Bekera (2014); Ainuddin y Routary (2012); *Resilient Organizations*, *Resilience Indicators*, (2012); Vugrin et al. (2011); Kahan et al. (2009); *Resilience Alliance* (2010); Cumming et al. (2005) y Bruneau et al. (2003).

Además, dada las características particulares y la naturaleza metódica del arquetipo de la resiliencia, se han encontrado limitantes al tratar de integrarla en las diferentes etapas del desarrollo de los sistemas. Situación también presente en las propuestas de técnicas de cuantificación, dado que el diseño y construcción de los sistemas han estado a cargo del campo ingenieril. Ello ha permitido un enfoque más estructural y no se han considerado factores externos que pueden tener incidencia en la capacidad de respuesta ante desastres.

A pesar de las limitantes, se han presentado avances en el consenso de la definición con enfoque en los sistemas de infraestructura, cuantificación y evaluación.

Resiliencia en los sistemas de infraestructura

Las primeras intervenciones sobre estudios de «resiliencia», relacionadas con los sistemas de infraestructura urbana, en el área de la Mecánica de Materiales, datan de 1858 (Sánchez, Gallardo y Delgado, 2016; Metzger y Robert, 2013; Méndez, 2012). No obstante, a pesar de ser la primera disciplina científica en considerar el término «resiliencia» en el ámbito de la ingeniería (materiales de los sistemas de infraestructura), la noción en su campo de aplicación fue muy limitada y no presentó evolución en un largo tiempo. En tal sentido, Berkes y Ross (2013) mencionan que «resiliencia» es un concepto de estructuras; por lo tanto, su aplicación tiene mayor coherencia cuando se emplea con perspectiva sistémica, y no con elementos individuales.

Así, los estudios de resiliencia en la infraestructura empezaron a ganar relevancia en la década de 1980. Entre las primeras investigaciones realizadas se encuentran las de sistemas de agua potable por los autores Hashimoto, Loucks y Stendinger (1982): «Criterios de confiabilidad, resiliencia y vulnerabilidad para el sistema de recursos hídricos y Robustez de los sistemas de recursos hídricos». Sin embargo, los fundamentos teóricos en el área de la ingeniería estaban limitados de manera específica a la resistencia de materiales. Dichos autores para su trabajo utilizaron como marco de referencia el concepto planteado por el biólogo Holling en la década de los 70, quien la definió como una medida de la persistencia de los sistemas y su capacidad para absorber los cambios y las perturbaciones, y mantener las mismas relaciones entre poblaciones o estados variables.

Tiempo después, se tuvo un avance por parte de O' Neill et al. (1986); Pimm (1984); Tilman y Downing (1994) quienes describieron «resiliencia en ingeniería» como la estabilidad cerca de un estado constante de equilibrio, donde la resistencia a la perturbación y la velocidad de retorno a la moderación se utilizan para medir la propiedad. Holling (1996) retoma la idea planteada por estos autores para realizar su trabajo denominado «Ingeniería de resiliencia *versus* resiliencia ecológica», donde contrastó y analizó ambos enfoques.

Más tarde, cuando el término de resiliencia fue reanudado por la disciplina de las Ciencias Naturales, tuvo una alta presencia en el ámbito científico; dado sus planteamientos, fundamentos y análisis. Ello dio pauta para que diversas ciencias retomaran el enfoque y los fundamentos teóricos planteados por los investigadores de esa disciplina. De forma tal que el sector de la ingeniería lo está modificando, adaptando e incorporando en la planificación y diseño de los sistemas de infraestructura.

Bruneau y colaboradores (2003) definieron la «resiliencia de sistemas físicos ante sismos» como la capacidad que tienen los sistemas de infraestructura para reducir las posibilidades de una falla, absorberlas si se producen y recuperarse rápidamente. En otras palabras, según los investigadores, los sistemas resilientes son aquellos que muestran las siguientes características:

- Probabilidades de falla reducidas
- Reducción de las consecuencias de las fallas, pérdidas de vidas, consecuencias económicas y sociales negativas, y
- Reducción del tiempo de recuperación

Por su parte, O' Rourke (2007) restableció las bases teóricas planteadas por Bruneau, con las cuales efectuó un análisis de los criterios establecidos, actualizó variables y adecuó el marco para peligros ante huracanes.

En el intervalo 2005-2016 se cuenta con los criterios de autores como Wreathall (2006), Tamvakis y Xenidis (2013) y Gay (2016), quienes coincidieron en la propuesta acerca de la definición de «sistema de infraestructura resiliente», que es aquella que mantiene su funcionalidad con un nivel mínimo ante una situación adversa, se recupera en un tiempo corto y con un costo razonable.

El paradigma de resiliencia, orientado a la infraestructura, continúa en evolución en sus diferentes fases: definición, cuantificación e implementación. Por tanto, además de conocer los diversos caminos por los cuales se aborda, es necesario saber cómo operar sus componentes y cuantificarla.

Cuantificación, evaluación y aproximaciones de la resiliencia en sistemas de infraestructura

Los métodos de cuantificación han sido abordados desde dos categorías principales: cualitativa y cuantitativa. La primera incluye métodos que tienden a evaluar la resiliencia de los sistemas sin descriptores numéricos; mientras que la segunda se rige por estos (Gallego y Essex, 2016; Hosseini, Barker y Ramírez, 2016; Butler at al., 2014; Scott et al., 2012)

La evaluación cualitativa de los sistemas de infraestructura se ha realizado a través de dos enfoques: marcos conceptuales e índices semi-cuantitativos.

Según Amarasinghe et al. (2016) y García et al. (2017), un marco debe actuar como una guía que:

a) contenga estudios de posibles factores estresantes,
b) resuma diferentes metodologías, conjuntos de propiedades, herramientas, medidas y estudios de caso,
c) incluya intervenciones para fortalecer la resiliencia para ser evaluadas.

Los instrumentos y técnicas utilizadas en este enfoque varían en dependencia del estudio y el objetivo del mismo. Sin embargo, predomina el cuestionario como instrumento, y la encuesta como técnica.

Los marcos permiten evaluar las características que afectan la capacidad de recuperación de cada uno de los sistemas, y así, poder proporcionar información que funcione como indicador para plantear estrategias que contribuyan a fortalecer la resiliencia. Su desarrollo se llevó a cabo a partir de la década del 2000 (Tabla 2.1).

Tabla 2.1. Marcos conceptuales de evaluación de resiliencia en la década del 2000

Autor	Elementos del marco	Enfoque
Brenau et al. (2003)	Se conforma robustez, rapidez, recursos, redundancia. Integradas en cuatro dimensiones: técnica, organizativa, social y económica.	Sistemas físicos y sociales ante sismos
Cumming et al. (2005)	El marco es exploratorio. Considera cinco elementos: definición del sistema, medición de los impulsores del cambio, condiciones bajo las cuales se evaluará la resiliencia del sistema, y el reconocimiento explícito de la subjetividad de nuestros propios objetivos al realizar el estudio	Sistemas socio-ecológicos
Resilience Alliance (2010)	(1) definir y comprender el sistema en estudio, (2) identificar la escala apropiada para evaluar la resiliencia, (3) identificar los impulsores del sistema y perturbaciones externas e internas, (4) identificar los actores clave del sistema, incluidas las personas y la gobernanza, (5) desarrollar modelos conceptuales para identificar las actividades de recuperación necesarias, (6) implementar los resultados del paso para informar al creador de políticas e (7) incorporar los hallazgos del paso anterior	Sistemas socio-ecológicos
Kahan et al. (2009)	El marco consta de ocho principios: 1) evaluación de peligros y amenazas, (2) robustez (3) mitigación de consecuencias, (4) adaptabilidad, (5) planificación informada por el riesgo, (6) riesgo de inversión informada, (7) armonización de propósitos, y (8) alcance integral.	Ingeniería de sistemas

Fuente: elaborado con base en autores

En el 2010, las propuestas por parte de investigadores, instituciones y organizaciones empezaron a realizarse de manera más específica, es decir, se plantearon propuestas individuales para los diversos sistemas que integran una ciudad (Tabla 2.2).

Tabla 2.2. Marcos conceptuales de evaluación de resiliencia en la década de 2010

Autor	Elementos del marco	Enfoque
Vugrin et al. (2010; 2011)	El marco se conformó por las dimensiones de capacidad de absorción, adaptación y restauración.	Sistemas de infraestructura y económicos
Ainuddin y Routary (2012)	Se integró por cuatro factores: (1) identificación de las características de peligro/desastre (2) determinación de la vulnerabilidad individual/comunitaria, (3) preparación para la recepción y sensibilización de riesgos, y (4) bienestar social (educación, cobertura de salud), económico (capital de la vivienda, empleo), y recursos físicos (tipo y edad de vivienda).	Sistema social (resiliencia comunitaria)
Resilient Organizations, Resilience Indicators, 2012	El marco se compone de trece indicadores agrupados en los bloques de atributos, liderazgo y cultura, redes y cambios preparados	Organizaciones
Francis y Bekera (2014)	El marco consta de cinco componentes: identificación del sistema, análisis de vulnerabilidad, definición de objetivos de resiliencia, compromisos de los interesados y capacidades de resiliencia. La implementación de este marco se centra en el logro de tres capacidades de resiliencia: adaptación, absorción y recuperación.	Sistemas de ingeniería e infraestructura.
Butler et al. (2014; 2017)	Para describir el marco utilizan la palabra «seguro» como sinónimo de «confiable». El marco lo denominan ***Safe*** & ***Sure***; se conforma por las propiedades: escala de tiempo, objetivo de rendimiento, nivel de servicio y atributos; enmarcados en las dimensiones de fiable, resiliente y sostenible. Presenta cuatro tipos diferentes de análisis: 1) de arriba abajo, 2) de abajo arriba, 3) basado en el medio y 4) circular.	Gestión de aguas urbanas
World Bank. (2015)	El marco se conforma por cinco dominios: 1) políticas, instituciones y procesos (PIPs), 2) experiencias, 3) financiero (arreglos e incentivos), 4) operaciones y mantenimiento; y 5) planificación y diseño.	Infraestructura de transporte.
Schoen et al. (2015)	Considera cuatro características de los sistemas: la solidez, la capacidad de adaptación, la rapidez y el ingenio. Cada sistema fue evaluado para varios tipos de eventos: clima frío, tormenta, corte de energía, sequía a corto plazo, incendios forestales y cambios climáticos previstos.	Tecnología de los sistemas de agua y aguas residuales.
Zhong et al., (2014; 2014)	Tienen en cuenta los criterios o propiedades de robustez, redundancia, ingenio y rapidez enmarcadas en las dimensiones de: a) vulnerabilidad y seguridad, b) recursos y planes de desastres, c) continuidad de los servicios esenciales y d) recuperación y adaptación.	Sistemas hospitalarios ante desastres.
Sweetapple et al. (2017)	Elementos del marco: confiabilidad, solidez y resiliencia, evaluadas por el análisis multicriterio.	Plantas de tratamiento de aguas residuales.
Labaka et al. (2016)	El marco está conformado por tres elementos: políticas de resiliencia (Método Delphi); tabla de influencia que evalúa las políticas en las etapas de prevención, absorción y recuperación (Método Delphi); y una metodología de implementación (cuestionario-encuesta).	Sistemas de infraestructura críticos.

Fuente: elaborado con base en autores

Índices semi-cuantitativos para la interpretación y evaluación de la resiliencia

Se representa una serie de variables cuantitativas y cualitativas en un valor único, de tal manera que permita la interpretación y evaluación de la resiliencia. Una de sus ventajas es que favorece operar e integrar las variables cualitativas.

De acuerdo a Cutter et al. (2008; 2008b) y Hosseini, Barker y Ramírez (2016), se utiliza un cuestionario diseñado para evaluar diferentes características de los sistemas basadas en la resiliencia (por ejemplo, ingenio y redundancia, para el caso particular de sistemas de infraestructura). Como herramienta de medición predomina el uso de la escala de *Likert*, que consiste en que los especialistas asignan valores (de 0 a 10) o porcentual (0–100) a las variables o dimensiones que se necesiten medir.

Dentro de los primeros estudios realizados sobre construcción de índices de resiliencia, se tiene la investigación de Cutter et al. (2008), donde se identificaron 32 variables para medir la resiliencia de comunidades ante desastres. Dichas variables se agruparon en seis dimensiones: ecológica, social, económica, institucional, infraestructura y competencia comunitaria. Por otro lado, Shirali et al. (2013) con base en el mismo enfoque, realizaron una propuesta para evaluar la ingeniería de resiliencia en una industria de procesos. Para ello, utilizó seis indicadores críticos: (1) alta gerencia, (2) compromiso, (3) cultura de aprendizaje, (4) conciencia, (5) preparación y (6) flexibilidad.

Tiempo después, Cutter y colaboradores retomaron las bases establecidas en la investigación realizada por la propia Cutter en el 2008, y propusieron la construcción de un índice compuesto de resiliencia de una comunidad ante desastres. En el estudio se utilizaron 49 variables, agrupadas en seis componentes: social, infraestructura, capital de la comunidad, economía, institucional y medio ambiente. El proceso metodológico se realizó a través de tres etapas: 1) fuente de datos, 2) procesamiento de datos y 3) construcción de indicadores de resiliencia de referencia para las comunidades (Cutter et al., 2014).

En el año 2015, el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) propuso el diseño de un índice de resiliencia a nivel municipal para México con enfoque social-económico. Para ello, se usó la metodología propuesta por Twigg (2007), y se consideraron cinco dimensiones (gobernabilidad, evaluación del riesgo, conocimiento y educación, gestión de

riesgos y reducción de vulnerabilidad y preparación y respuestas para desastres); en las que se establecieron un total de 25 variables distribuidas de manera uniforme en cada componente. Para el cálculo del índice, se aplicó la técnica estadística de análisis de componentes principales.

Por su parte, la Fundación Rockefeller, en ese mismo año (2015), planteó la construcción de un índice de resiliencia conformado por 12 metas y 52 indicadores, integrados en cuatro categorías: economía y sociedad, infraestructura y ecosistemas, liderazgo y estrategia, salud y bienestar.

Para el año 2016, se llevó a cabo un estudio de índice de resiliencia urbana en el abastecimiento del agua potable. Se utilizaron 24 variables estructuradas en dos dimensiones: transformación y adaptación. En relación a la normalización de variables se implementó la técnica MIN-MAX. Finalmente, el índice fue construido por medio de la técnica estadística «análisis factorial» (Vázquez, Méndez y Mastachi, 2016).

Baena (2017) realizó la construcción de un índice de resiliencia en ciudades ante fenómenos hidrometeorológicos; el cual tuvo como propósito medir y monitorear, a través de indicadores, las características: capacidad de resistencia, adaptación, recuperación y preparación.

Evaluación cuantitativa de resiliencia. Modelos estocásticos y deterministas

La evaluación cuantitativa de resiliencia se caracteriza como determinista y estocástica (probabilístico). La primera de ellas se asocia a modelos matemáticos donde las mismas entradas producen similares salidas. De igual manera, se relaciona con la creación de entornos simulados para el estudio de situaciones hipotéticas, o para crear sistemas de gestión que permitan disminuir la incertidumbre. Los probabilísticos, por su parte, tienen como característica principal que incluyen la incertidumbre, y el estado de los sistemas y están determinados tanto por las acciones predecibles del proceso como por elementos aleatorios.

Los primeros aportes al estudio del tema los reporta Bruneau et al. (2003) con la propuesta del modelo triángulo de resiliencia, en el cual se definieron cuatro dimensiones: técnicas,

organizativas, sociales y económicas; relacionadas con los principios de robustez, rapidez, ingenio y redundancia. Este modelo se basó en tres objetivos de resiliencia de un sistema: reducción de las probabilidades de fallo, de las consecuencias de los fallos y del tiempo hasta la recuperación. Posteriormente, los mismos autores plantearon una ecuación estática determinista que incluyó medir la pérdida de resiliencia de una comunidad ante un terremoto. Tomaron en cuenta dos variables: 1) el momento en el que se produce la interrupción y 2) el momento en que la comunidad vuelve a su estado normal previo a la interrupción (Bruneau et al., 2005).

Asimismo, diversos investigadores como Rose (2007), Zobel (2008), Zobel y Khansa (2014), Gay (2016), por mencionar algunos, han retomado los principios definidos en el modelo del «triángulo de resiliencia». Tenían como objetivo aplicarlo en diferentes contextos (por ejemplo: sistemas de información de empresas, redes de infraestructura, redes de transporte, aeropuertos, hospitales, etc.). Este modelo ha sido modificado y fortalecido según las características particulares de sus objetos de estudio.

Por otro lado, en el enfoque estocástico o probabilístico Shinozuka y Chang (2004) retomaron las propiedades de robustez y rapidez planteadas por Bruneau et al. (2003), y propusieron una ecuación para evaluar la resiliencia ante un sismo, integrada por dos factores: la pérdida de desempeño y la duración de la recuperación.

Para el año 2009, se realizó la propuesta de una metodología donde se combinaron las variables planteadas por Bruneau et al. (2003) y los modelos de entrada-salida y fragilidades estructurales, en la evaluación de resiliencia de subsistemas de una infraestructura de red multisistema ante eventos de peligro natural extremo (Reed et al., 2009).

Cimellaro et al. (2010) integraron nuevas variables al marco propuesto por Bruneau et al. (2003) y definieron la resiliencia cuantitativamente como el área normalizada bajo una función Q (t) que rige la funcionalidad de un sistema. En ese mismo año, a través de la teoría de grafos y el análisis multicapas, Leu et al. (2010) propusieron cuantificar la resiliencia de redes de transporte. El estudio tuvo como objetivo representar la red en múltiples capas basadas en datos GPS. Se consideraron determinadas variables: deficiencias estructurales en la infraestructura, deficiencias de conectividad de la red y la distribución espacial de los riesgos. Además, el estudio se basó en el uso de un conjunto de medidas como el grado, el coeficiente de interconexión y agrupación, la integridad topológica y la brecha de distancia.

Miller-Hooks et al. (2012) propusieron la cuantificación por medio de un programa estocástico no lineal dirigido a un método entero en L, el cual estaba asociado con la simulación de Monte Carlo. El método cuantificó la resiliencia como el rendimiento máximo esperado del sistema con el fin de proponer una asignación óptima de fondos a las actividades de preparación y recuperación contra posibles perturbaciones del sistema.

Finalmente, dentro de las últimas aportaciones, se tiene la de Ouyang y Duenas (2014) quienes plantearon un marco de evaluación de resiliencia tanto para peligros únicos como para peligros múltiples, y computaron la resiliencia anual esperada de la red de transmisión de energía en el Condado de Harris, Texas, bajo peligros aleatorios y huracanes.

Conclusiones

Los avances en las diversas herramientas de cuantificación en sistemas de infraestructura urbana han tenido limitantes, puesto que el paradigma de la resiliencia ha sido adaptado a diversas disciplinas, y, por ende, los métodos que permiten su cuantificación, análisis y monitoreo.

De manera particular, en la cuantificación se han generado dificultades para llegar a un consenso de dimensiones y variables que permitan su evaluación. Sin embargo, los avances en esta rama han permitido la identificación de vacíos para continuar fortaleciendo dicha línea de investigación. Dentro de ellos se pueden mencionar la necesidad de reorientar, o en su caso seleccionar, el método apropiado para su cuantificación; y que, al mismo tiempo, permita la integración de variables físicas y sociales que inciden en la resiliencia de los sistemas de infraestructura. Asimismo, delimitar aquellas variables que sean representativas para los sistemas de infraestructura y que permitan evaluar y monitorear su estado de resiliencia.

Por último, es primordial que para la construcción de marcos, índices o ecuaciones se consideren los factores que intervienen en las etapas de planificación y diseño, construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de infraestructura; pues se considera que la resiliencia no es una propiedad que se construye en un solo paso, sino que se va edificando a través del tiempo.

Referencias bibliográficas

Ainuddin, S., & Routray, J. K. (2012). Community resilience framework for an earthquake prone area in Baluchistan. International Journal of Disaster Risk Reduction, 2, 25-36.

Amarasinghe, P., Liu, A., Egodawatta, P., Barnes, P., McGree, J., & Goonetilleke, A. (2016). Quantitative assessment of resilience of a water supply system under rainfall reduction due to climate change. Journal of Hydrology, 540, 1043-1052.

Baena, Leticia, et al. "Global assessment of coastal aquifer state and its vulnerability respect to Sea Water Intrusion. Application to several Mediterranean Coastal Aquifers." EGU General Assembly Conference Abstracts. 2017.

Berkes, F., & Ross, H. (2013). Community resilience: toward an integrated approach. Society & Natural Resources, 26(1), 5-20.

Bruneau, M., Chang, S. E., Eguchi, R. T., Lee, G. C., O'Rourke, T. D., Reinhorn, A. M. & Von Winterfeldt, D. (2003). A framework to quantitatively assess and enhance the seismic resilience of communities. Earthquake spectra, 19(4), 733-752.

Butler, D., Farmani, R., Fu, G., Ward, S., Diao, K., & Astaraie-Imani, M. (2014). A new approach to urban water management: Safe and sure.

Butler, D., Ward, S., Sweetapple, C., Astaraie Imani, M., Diao, K., Farmani, R., & Fu, G. (2017). Reliable, resilient and sustainable water management: the Safe & SuRe approach. Global Challenges, 1(1), 63-77.

Cimellaro, G. P., Reinhorn, A. M., & Bruneau, M. (2010). Framework for analytical quantification of disaster resilience. Engineering structures, 32(11), 3639-3649.

Cumming, G. S., Barnes, G., Perz, S., Schmink, M., Sieving, K. E., Southworth, J., & Van Holt, T. (2005). An exploratory framework for the empirical measurement of resilience. Ecosystems, 8(8), 975-987.

Cutter, S. L., Ash, K. D., & Emrich, C. T. (2014). The geographies of community disaster resilience. Global environmental change, 29, 65-77.

Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., & Webb, J. (2008). A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. Global environmental change, 18(4), 598-606.

Cutter, S., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E. & Webb, J. (2008b). Community and regional resilience: Perspectives from hazards, disasters and emergency management. CARRI Research Report 1. Oak Ridge, Tennessee: Community & Regional Resilience Initiative.

Francis, R., & Bekera, B. (2014). A metric and frameworks for resilience analysis of engineered and infrastructure systems. Reliability Engineering & System Safety, 121, 90-103.

Gallego-López, C.; Essex, J. (with input from DFID) Designing for infrastructure resilience. Evidence on Demand, UK (2016) 22p.

García, J. P., Butler, D., Comas, J., Darch, G., Sweetapple, C., Thornton, A., & Corominas, L. (2017). Resilience theory incorporated into urban wastewater systems management. State of the art. Water research, 115, 149-161.

Gay, A. L. (2016). Infraestructura resiliente: desempeño sostenido en un mundo siempre cambiante. Entretextos, 8/24.

Hashimoto, T., Stedinger, J. R., & Loucks, D. P. (1982). Reliability, resiliency, and vulnerability criteria for water resource system performance evaluation. Water resources research, 18(1), 14-20.
Holling, C. S. (1996). Engineering resilience versus ecological resilience. Engineering within ecological constraints, 31(1996), 32.
Hosseini, S., Barker, K., & Ramirez-Marquez, J. E. (2016). A review of definitions and measures of system resilience. Reliability Engineering & System Safety, 145, 47-61.
Kahan, J. H., Allen, A. C., & George, J. K. (2009). An operational framework for resilience. Journal of Homeland Security and Emergency Management, 6(1).
Labaka, L., Hernantes, J., & Sarriegi, J. M. (2016). A holistic framework for building critical infrastructure resilience. Technological Forecasting and Social Change, 103, 21-33.
Leu, G., Abbass, H., & Curtis, N. (2010). Resilience of ground transportation networks: a case study on Melbourne.
Méndez, R. (2012). Ciudades y metáforas: sobre el concepto de resiliencia urbana.
Metzger, P. y Robert, J. (2013). Elementos de reflexión sobre la resiliencia urbana: usos criticables y aportes potenciales. Territorios, 28, 21-40.
Miller-Hooks, E., Zhang, X., & Faturechi, R. (2012). Measuring and maximizing resilience of freight transportation networks. Computers & Operations Research, 39(7), 1633-1643.
O'Neill, R. V., DeAngelis, D. L., Waide, J. B. & Allen, T. F. H. (1986) A Hierarchical Concept of Ecosystems. Princeton University Press, Princeton.
O'Rourke, T. D. (2007). Critical infrastructure, interdependencies, and resilience. Bridge-Washington-National Academy Of Engineering-, 37(1), 22.
Ouyang, M., & Duenas-Osorio, L. (2014). Multi-dimensional hurricane resilience assessment of electric power systems. Structural Safety, 48, 15-24.
Pimm, S.L. (1984) The complexity and stability of ecosystems. Nature, 307,321–326.
Reed, D. A., Kapur, K. C., & Christie, R. D. (2009). Methodology for assessing the resilience of networked infrastructure. IEEE Systems Journal, 3(2), 174-180.
Resilience Alliance (2010) Assessing Resilience in Social-Ecological Systems: Workbook for Practitioners, Revised Version 2.0. Available from: http://www.resalliance.org/index.php/resilience_assessment [accessed: 20/05/2014]
Resilient Organisations, 2012. Resilience Indicators from http://www.resorgs.org.nz/Content/what-is-organisational-resilience.html.
Rose, A. (2007). Economic resilience to natural and man-made disasters: Multidisciplinary origins and contextual dimensions. Environmental Hazards, 7(4), 383-398.
Sánchez-Zamora, P., Gallardo-Cobos, R., & Delgado, F. C. (2016). La noción de resiliencia en el análisis de las dinámicas territoriales rurales: Una aproximación al concepto mediante un enfoque territorial. Cuadernos de desarrollo rural, 13(77), 93-116.
Schoen, M., Hawkins, T., Xue, X., Ma, C., Garland, J., & Ashbolt, N. J. (2015). Technologic resilience assessment of coastal community water and wastewater service options. Sustainability of Water Quality and Ecology, 6, 75-87.
Scott, C. A., Bailey, C. J., Marra, R. P., Woods, G. J., Ormerod, K. J., & Lansey, K. (2012). Scenario planning to address critical uncertainties for robust and resilient water–wastewater infrastructures under conditions of water scarcity and rapid development. Water, 4(4), 848-868.
Shinozuka, M., Chang, S. E., Cheng, T. C., Feng, M., O'rourke, T. D., Saadeghvaziri, M. A., ... & Shi, P.

(2004). Resilience of integrated power and water systems (pp. 65-86). Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research.

Shinozuka, M., Chang, S. E., Cheng, T. C., Feng, M., O'Rourke, T. D., Saadeghvaziri, M. A. & Shi, P. (2004). Resilience of integrated power and water systems. Seismic Evaluation and Retrofit of Lifeline Systems, Articles from MCEER's Research Progress and Accomplishments Volumes, 65-86.

Shirali, G. A., Mohammadfam, I., & Ebrahimipour, V. (2013). A new method for quantitative assessment of resilience engineering by PCA and NT approach: A case study in a process industry. Reliability Engineering & System Safety, 119, 88-94.

Sweetapple, C., Fu, G., & Butler, D. (2017). Reliable, robust, and resilient system design framework with application to wastewater-treatment plant control. Journal of Environmental Engineering, 143(3), 04016086.

Tamvakis, P., & Xenidis, Y. (2013). Comparative evaluation of resilience quantification methods for infrastructure systems. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 74, 339-348.

Tilman, D., & Downing, J. A. (1994). Biodiversity and stability in grasslands. Nature, 367(6461), 363-365.

Twigg, J. (2007). Characteristics of a disaster-resilient community: A guidance note. Department for International Development (DFID).

Vázquez Sánchez, M., Méndez Ramírez, J. J., & Mastachi Loza, C. A. (2016). índice de resiliencia urbana en el abastecimiento del agua potable en Lerma y San Mateo Atenco, estado de México.

Vugrin, E. D., & Camphouse, R. C. (2011). Infrastructure resilience assessment through control design. International journal of critical infrastructures, 7(3), 243-260.

Vugrin, E. D., Warren, D. E., Ehlen, M. A., & Camphouse, R. C. (2010). A framework for assessing the resilience of infrastructure and economic systems. In Sustainable and resilient critical infrastructure systems (pp. 77-116). Springer, Berlin, Heidelberg.

World Bank. 2015. Disaster Risk Management in the Transport Sector : A Review of Concepts and International Case Studies. Washington, DC. © World Bank. https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/22365 License: CC BY 3.0 IGO.

Wreathall, J. (2006). Developing models for measuring resilience. John Wreathall & Co., Inc., Dublin, Ohio.

Zhong, S., Clark, M., Hou, X. Y., Zang, Y. L., & Fitzgerald, G. (2014). Development of hospital disaster resilience: conceptual framework and potential measurement. Emergency Medicine Journal, 31(11), 930-938.

Zhong, S., Clark, M., Hou, X. Y., Zang, Y., & FitzGerald, G. (2014). Validation of a framework for measuring hospital disaster resilience using factor analysis. International journal of environmental research and public health, 11(6), 6335-6353.

Zobel, C. W., & Cook, D. (2008). A Decision Support Framework to Assess Supply Chain Resilience. Framework. Proceeding (May 2008), 596-605.

Zobel, C. W., & Khansa, L. (2014). Characterizing multi-event disaster resilience. Computers & Operations Research, 42, 83-94.

INDICADORES DE RESILIENCIA ANTE LA EROSIÓN COSTERA EN PLAYAS DE USO TURÍSTICO

ROSALINDA ISLAS GARCÍA
Y OSCAR FRAUSTO MARTÍNEZ

CAPÍTULO 3



Indicadores de resiliencia ante la erosión costera en playas de uso turístico

Rosalinda Islas García[1] *y Oscar Frausto Martínez*[2]
[1] Posgrado en Gestión Sustentable del turismo, Universidad de Quintana Roo.
[2] División de Desarrollo Sostenible, Universidad de Quintana Roo. Avenida Andrés Quintana Roo S/N, Frente a colonia San Gervasio, Cozumel, Quintana Roo, 077600 México
rosalindaislasgarcia@gmail.com

Introducción

El paradigma sobre la resiliencia ha ido evolucionando desde la ingeniería, ecología, psicología hacia procesos estructurales, sociopolíticos, en el reconocimiento y la actuación sobre las diferencias y relaciones entre los ecosistemas y las sociedades; actualmente, a esta relación se le reconoce como sistemas socioecológicos (SSE). Por su parte, la resiliencia es un concepto descriptivo y multidisciplinario, con visión práctica, vinculado a políticas internacionales en las que se están elaborando marcos universales y programas multilaterales que promueven la sostenibilidad y la resiliencia en respuesta a las crecientes amenazas ambientales, como tormentas de alto impacto, sequías intensas, escasez de alimentos y cambio climático (Weichselgartner & Kelman, 2015).

En las sociedades, la resiliencia juega un papel importante, ya que es la capacidad de organización para soportar condiciones severas, resistir, absorber los choques y recuperarse de los efectos de un peligro de manera oportuna y eficiente, incluso a través de la conservación y restauración de su patrimonio básico esencial para mantener niveles óptimos de funcionamiento (UN-ISDR, 2017).

El enfoque de resiliencia tiende a centrarse en la adaptación a nuevas condiciones, la creación de usos innovadores, los conocimientos tradicionales, así como la generación de nuevos conocimientos ambientales y la mejora de las condiciones de vida, además de entenderse como un elemento para la gestión de riesgos que contribuye a la sostenibilidad del sistema, creando estrategias que promueven la mitigación y adaptación tras un desastre (Sanunders & Becker 2015, Holling & Walker, B 2002).

Por lo tanto, la resiliencia suscita una actitud proactiva en la gestión de riesgos ante desastres, proporcionando desafíos y oportunidades a las sociedades para hacer frente a los mismos, con especial atención a la organización de los sistemas sociales y la respuesta de los sistemas ambientales (Carpenter et al., 2012). Al implementar medidas de mitigación para la reducción de riesgo por desastres se contribuye a disminuir la pérdida de vidas, de activos económicos, físicos, sociales, culturales y ambientales de las personas, empresas, comunidades y países (UNDSR, 2017).

Las zonas costeras no son la excepción a los desastres ocasionados por riesgos, ya sean de origen antrópico (debido al aumento de densidad poblacional) o natural (por variaciones climáticas), según Adger et al., 2005. Esta última causa tiene repercusiones en el incremento del nivel del mar y la frecuencia de los fenómenos hidrometeorológicos pues constituyen una de las principales amenazas que ponen en riesgo a los litorales del mundo (Rangel, Anfuso, & Williams 2015).

Zhang, Douglas & Leatherman (2004) refieren que los litorales se ven afectados por procesos naturales como la erosión costera, que se ha incrementado debido a variaciones en el clima y actividades antrópicas, convirtiéndose en una amenaza y un problema global que afecta a las costas arenosas de todo el mundo, y crea condiciones de vulnerabilidad que ponen en riesgo a los diferentes sectores que dependen de la playa; tal es el caso de las playas turísticas que abarcan toda gama de actividades recreativas y de ocio (Lucrezi, Saayman, & Vander Merwe, 2016).

Por consiguiente, es indispensable tomar en cuenta los riesgos a los que pueden estar sujetas las playas de uso turístico; como por ejemplo la pérdida de accesibilidad a las mismas, la degradación estética, los daños a infraestructuras y aumento de riesgo por desastres, que tienen por resultado una reducción de la competitividad en los destinos turísticos (Valdemoro, & Jiménez, 2006). Estas amenazas no se pueden evitar y los desastres continuarán, incluso podrían ser más frecuentes debido a la urbanización, el cambio climático y el aumento de la densidad de la población en zonas costeras; por lo que resulta fundamental reducir la vulnerabilidad de las partes expuestas y construir resiliencia (Hallegatte et al., 2017), a partir del monitoreo de los efectos del cambio climático y los desastres que se puedan suscitar en los destinos turísticos a causa de diversas amenazas.

El monitoreo de la resiliencia no solo tiene en cuenta los daños físicos previstos, las víctimas y las pérdidas económicas equivalentes, sino también los factores sociales, organizativos e

institucionales, para los que se han implementado herramientas o métricas con el objetivo de verificar su progreso, al constituir un componente crítico que requiere la investigación exhaustiva para lograr una mejor comprensión de la dinámica y la gestión del sistema (Cutter, Ash & Emrich, 2014). La medición permite entender procesos sintéticos clave, como la definición de las dimensiones, las variables, las fórmulas de cálculo, las unidades de medida, la fuente de datos y la comprensión del indicador (Frausto et al., 2018a).

Esta investigación propone desarrollar un conjunto de indicadores que permitan conocer el estado de resiliencia de las playas de uso turístico ante los procesos de erosión costera, considerando estos ecosistemas como socio-ecosistemas complejos adaptativos que se modifican a través del tiempo tras una amenaza constante, lo cual permite esclarecer los factores sociales, organizativos, e institucionales que determinan la resiliencia de las playas de uso turístico ante los procesos de erosión costera.

La erosión costera y el papel en los destinos turísticos

Las investigaciones realizadas por la Organización Mundial del Turismo (OMT) indican que aproximadamente el 40 % de las contribuciones determinadas a nivel nacional, reconocen al turismo como una prioridad. En consecuencia, la actividad turística internacional ofrece oportunidades para aumentar la eficiencia de estos destinos ante desastres, principalmente por la aceleración climática (NOAA, 2018).

Sin embargo, durante los debates celebrados en el Simposio Internacional del programa de turismo sostenible del 10YFP (Marco Decenal de Programas Sobre Modalidades de Consumo y Producción Sostenibles) y la Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático periodo 22 (COP22) de la Convención del Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en Marrakech, se concluye que la falta de perspectiva sectorial no permite crear vínculos entre la contribución de las industrias turísticas a los centros nacionales de datos y los esfuerzos realizados por los agentes del turismo que operan a nivel internacional y nacional (IPCC, 2018).

Una de las principales ofertas dentro de la industria turística son los destinos de sol y playa; particularmente estos destinos reflejan importantes contribuciones al PIB, según Martín,

Guzmán, González & Ruíz (2016). Un aspecto relevante de estos destinos es el crecimiento imprevisto y desordenado en las costas, pues aumenta en las ciudades el riesgo de pérdidas humanas cuando se produce un desastre. En los países en desarrollo, como los de América Latina, incluido México, existe una falta de planificación territorial que implique la gestión del riesgo de desastres para fortalecer la resiliencia (Hernández, Carreño & Castillo, 2018).

Por lo tanto, la resiliencia a los desastres se ha convertido en un objetivo social importante que capta la atención de académicos y decisores de diversas disciplinas y sectores (Cai, Lam, Qiang, Zou, Correll, & Mihunov, 2018). En las zonas costeras, particularmente en las playas, el sector turístico ha contribuido a cambios ambientales, económicos, y sociales, tanto positivos como negativos (Ariza, Lindeman, Mozumder, & Suman, 2014). De acuerdo con Lucrezi, Saayman, & Vander Merwe (2016), los cambios sociales y económicos han transformado las playas a través del tiempo, convirtiendo los espacios rurales a urbanos, lo que conlleva a la aparición de fenómenos tales como las altas tasas de migración, el crecimiento económico acelerado y el cambio de uso del suelo.

Lo anterior, unido a deficiencias en la planificación ambiental, constituyen las causas de una serie de riesgos desencadenados en el sistema (Alexandrakis, Manasakis, Kampanis, 2015). Es importante considerar que las playas generan valor y se capitalizan en el mercado, su cuantía aumenta dependiendo de su amplitud (Semeoshenkova, Newton, Rojas, Piccolo, Bustos, Cisneros, & Berninsone, 2017).

Las modificaciones en el ambiente costero rompen el equilibrio morfológico de la costa y su reposición natural de sedimentos, con lo cual se crean escenarios de erosión costera (Leo, Besio, Zolezzi, Bezzi, Floqi, & Lami, 2016). Esto, a su vez, crea condiciones de riesgo, que pueden ocasionar la pérdida de terreno con valor económico, falta de accesibilidad a la playa, destrucción de áreas costeras como dunas, muelles, puertos; y ocasionar degradación y daños a infraestructuras que repercutirán en el aumento de riesgo por desastres (Ballesteros, Jiménez, Valdemoro, & Bosom, 2018).

Los riesgos causados por erosión costera pueden ser la respuesta al número de interacciones y realimentaciones que se dan en estos sistemas. Debido al incremento del riesgo, es necesario conocer el grado de exposición de estos ambientes (Semeoshenkova, et al. 2017). En consecuencia, es preciso implementar medidas de mitigación y adaptación para reducir los riesgos y aumentar la resiliencia, con el fin de mantener un entorno recreativo, seguro y protegido mediante la gestión de los riesgos costeros (erosión, tormentas, inunda-

ciones, intrusión salina, entre otros). Estas acciones garantizarán los niveles de seguridad para los usuarios, prestadores de servicios y la funcionalidad del sistema natural, al crear condiciones de sustentabilidad para el destino turístico a largo plazo, según Monti & Ferrari (2011).

Resiliencia socioecológica, sistemas complejos y panarquía

Los socioecológicos (SSE) pueden ser estudiados de forma sistemática y constituyen una aproximación a la realidad, con una orientación de trabajo transdisciplinaria, donde lo importante emerge de las relaciones y conjuntos que pueden establecerse dentro de los sistemas. Resulta necesario identificar la relación entre el sistema social y el sistema ecológico, el primero integrado por instituciones, políticas, economía, grupos sociales, tecnología; y el segundo por hidrología, clima, procesos físicos, químicos y biológicos (Raskin, 2006). Por lo general, los sistemas sociales se mantienen gracias al intercambio de materia y energía del medio ecológico, en estrecha relación. Las relaciones y los procesos asociados causan modificaciones en ambos sistemas, la viabilidad de estos está en función del flujo incesante de materia y energía que proviene del entorno entre ambos sistemas abiertos, refieren Von Bertalanffy 1976; Rodríguez & Arnold 1991 citado en Urquiza & Cadenas, 2015.

Los SSE representan sistemas complejos adaptativos; son reconocidos por la ciencia con límites indefinidos, ya que abarcan una formulación científica extensa. La resiliencia puede entenderse como un nuevo paradigma científico pues permite un modo diferente de hacer y concebir la ciencia, por tanto, se analiza y reflexiona desde dos aristas diferentes, la naturaleza y la sociedad, lo que da lugar a sistemas complejos adaptativos, que poseen las características de ser interdependientes, dinámicos, no lineales, tienden a la incertidumbre, son emergentes, se auto-organizan y se adaptan a través del tiempo (Castillo-Villanueva & Velázquez Torres, 2015).

Para entender los cambios de las relaciones que existen entre los sistemas sociales y ecológicos en diferentes escalas de espacio y tiempo, surge la teoría de la panarquía que proporciona un marco para caracterizar a ambos sistemas complejos, tanto de su estructura como organización dinámica (Allen, Angeler, Garmestani, Gunderson & Holling, 2014). Esta estructura y organización puede estar dada en diferentes direcciones escalares, por ejem-

plo: puede ser de arriba hacia abajo o viceversa, formando ciclos con patrones característicos que conducen a diferentes procesos en desiguales patrones y escalas, donde cada ciclo de adaptación es un sistema que contiene varias fases: crecimiento (r), conservación (k), liberación (x) y reorganización (a) (Holling 1973; Holling & Gunderson 2002; Walker, Holling, Carpenter, & Kinzing, 2004; Gallopín, 2006, Ostrom, 2009).

Los ciclos adaptativos se anidan a través del tiempo, lo que se conoce como panarquía. Cada uno de estos ciclos tiene tres propiedades que determinan la dinámica de los sistemas, la primera es el cambio que transforma a los sistemas. Es importante mencionar que, aunque el sistema cambie, existe un control interno dentro del mismo que está dado por la conectividad o interrelación que existe entre sus componentes, a lo que se le conoce como capacidad de adaptación. Además de la transformación y adaptación se considera una tercera propiedad que es la resiliencia que puede expandirse o contraerse en cada ciclo adaptativo (Castillo-Villanueva & Velázquez Torres, 2015).

Walker (2004) menciona que resiliencia en SSE es la capacidad de un sistema para experimentar los choques, conservando al mismo tiempo una determinada condición cualitativa, por ejemplo: la misma identidad, estructura o funciones (Citado en Gray et al., 2015). La resiliencia es la capacidad de los SSE para adaptarse o transformarse en respuesta a situaciones desconocidas, choques inesperados o extremos; en el contexto de la gestión ambiental y de sostenibilidad y, por lo tanto, conservar sus mismas funciones esenciales, su estructura y retroalimentación. Las condiciones que permiten el aumento de la resiliencia en los SSE es la diversidad, modularidad, apertura, reservas, retroalimentación, monitoreo, liderazgo y confianza (Carpenter et al., 2012). Así, la pérdida de resiliencia ecológica pone a prueba la capacidad de adaptación del ser humano en las dimensiones del sistema (Walker, 2006).

Definición de resiliencia ante erosión costera en playas de uso turístico

Cutter, Ash & Emrich (2014) en sus investigaciones reiteran la necesidad de la comprensión de la dinámica del sistema y su gestión. Más recientemente, Frausto et al. (2018b), señalan que la resiliencia costera depende de las capacidades de respuesta que desarrollen la sociedad, las organizaciones y las instituciones ante cierta amenaza.

Barboza de Araujo & Da Costa (2008) mencionan que existen dos componentes que conforman a las playas turísticas: el natural y el socioeconómico. Aluden también a que las playas se pueden clasificar según su desarrollo (superdesarrollado, desarrollado y subdesarrollado) e intensidad de uso. En estos ambientes de recreación existen tres temas importantes que deben atenderse: seguridad de los bañistas, calidad del agua y ancho de la playa, lo cual tiene como fin lograr la funcionalidad de las playas turísticas.

A criterio de los autores del presente estudio, se considera que la resiliencia ante erosión costera en playas de uso turístico está dada por las capacidades locales que desarrolla la sociedad, las organizaciones y las instituciones, con el fin de conservar las funcionalidades del sistema turístico.

Indicadores de resiliencia ante erosión costera en playas de uso turístico

Se han realizado estudios en destinos de sol y playa utilizando modelos propuestos por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), como el PER (Presión-Estado-Respuesta), y otros presentados por la OMT, para la evaluación de la sustentabilidad en destinos turísticos, con el fin de medir aspectos socioambientales por medio de indicadores, que constituyen una herramienta útil para la gestión de destinos turísticos, pues proveen un conjunto de señales importantes en relación a las decisiones gubernamentales y la implementación de políticas públicas, con la finalidad de lograr la sostenibilidad de los destinos turísticos (Sancho, García & Rozo, 2007).

Los indicadores proporcionan una forma útil para la gestión de los recursos naturales: clasifican, evalúan y comparan información a través del tiempo y el espacio y cumplen tres funciones básicas: simplifican, cuantifican y comunican información (Jiménez & Koningsveld, 2002). En la gestión, la elaboración de los indicadores está asociada a la evaluación; como apuntan Enseñat et al., (2019), los indicadores parten de la realidad como juicios de valor emitidos por los actores.

Un indicador también puede ser una herramienta metodológica que sirva para la gestión ya que permite visualizar impactos de procesos tanto de mejoramiento y fortalecimiento, como de privación y vulnerabilidad socioambiental; además, cumple dos funciones: pueden desagre-

gar o articular información (Frausto et al., 2018a). Por otra parte, constituyen un valor derivado de parámetros generales que describen el estado de un fenómeno dado que miden, simplifican y comunican información de un aspecto determinado, haciendo perceptibles fenómenos de interés que representan de manera operativa una característica del sistema (Birkmann, 2006).

Una de las formas de analizar la resiliencia es a través de indicadores, tomando como contexto específico el lugar y la amenaza. El uso de estos para el estudio de la resiliencia permite disminuir los desastres y fortalecer las capacidades de las comunidades; los indicadores deben medir las características específicas de la amenaza y el sistema contextualizado (Frausto, Vázquez, Arrollo, Castillo & Hernández, 2016). También se puede optar por la adopción de indicadores globales propuestos por agendas internacionales dentro de marcos de acción, por ejemplo, el Marco de Acción de Hyogo-MAH en 2005-2015, con orientación para la reducción de desastres; estos indicadores proporcionan elementos de información preferidos para revisiones y meta- análisis sistemáticos (Saja, Teo, Goonetilleke & Ziyath, 2018).

Frausto (2014) señala que los indicadores son representaciones operativas de un atributo, es decir, la característica de una variable determinada del fenómeno a medir; por lo tanto, los indicadores deben ser significativos, relevantes, pertinentes y prácticos. Agrega también que pueden clasificarse según la disponibilidad de información y el nivel de agregación, de lo cual resulta que el grado de complejidad se manifiesta de diversas formas: de acuerdo con la clasificación propuesta por Frausto 2014, los indicadores podrían clasificarse en simples y complejos, a su vez, estos indicadores pueden ser con información y sin información.

Los indicadores simples y complejos con información hacen referencia a aquellos que pueden ser desarrollados a corto plazo, se cuenta con datos e información necesaria para su ejecución. Los indicadores sencillos y complejos sin información serán proyectos a desarrollar a largo plazo, debido al costo y tiempo necesario para obtener resultados. Por otra parte, según el nivel de agregación de datos, los indicadores sencillos se constituyen de una variable, mientras que los complejos se constituyen de dos o más variables o son índices construidos a partir de otros indicadores (Frausto et al., 2018a)

Área de estudio

El área de estudio se ubica en el noreste del estado de Quintana Roo, entre los municipios de Tulum, Puerto Morelos y José María Morelos. El municipio de Solidaridad tiene un área

de 2205 km^2 y una extensión de litoral de 80 km, altamente densificado. En específico, la ciudad de Playa del Carmen, es la cabecera del municipio de Solidaridad, Quintana Roo, localizado al sureste de México, y al sur de Cancún; se ubica en las coordenadas 20°38'19" N y 87°05'01" O. (Figura 3.1). La ciudad de Playa del Carmen se ubica en el sector oriental de la península de Yucatán, en la región hidrológica RH33. Comprende el litoral y zona próxima a la costa, en un lecho rocoso calizo altamente permeable debido al proceso de carstificación, el cual se refleja en la formación de sistemas de cavernas subterráneas, y una densidad de poljes, úvalas y dolinas. Asimismo, es una zona de contraste altitudinal menor a 20 metros, pero con lineamientos de terrazas y cordones litorales relicto de trasgresión marina. Lo anterior imprime un microrelieve caracterizado de terrazas y flancos abruptos, zonas de deficiente drenaje y sistemas de playas bajas arenosas típicas del norte de Quintana Roo.



Figura 3.1. Ubicación del área de estudio
Fuente: elaboración propia

Sistema de indicadores de resiliencia

El sistema está integrado por 18 indicadores y considera tres variables: la amenaza, la vulnerabilidad y la capacidad adaptativa (Tabla 3.1). En la primera, la dimensión considerada es la erosión costera, determinada por la presencia de escarpes en la playa y cuya fuente de información es la medición directa en campo por medio de fichas de información periódica y carácter comparativo. La vulnerabilidad se organiza en seis dimensiones, la primera hace referencia a la social, con dos indicadores: cohesión social y participación ciudadana, ambas se generan a partir de una encuesta pública. La dimensión técnica está integrada por cuatro indicadores: mecanismos de planificación, desestabilización de cimientos, accesibilidad a la playa e infraestructura adecuada. Las evidencias se verifican a través de reportes de recorridos de campo y una entrevista a gestores. Los indicadores de identidad y arraigo son parte de la dimensión cultural, con un esquema de datos proveniente de encuestas técnicas.

Por su parte, la dimensión ecológica se analizará por medio de la cobertura vegetal de playas y la calidad de la arena. Las herramientas de obtención de datos son una entrevista y un análisis de laboratorio. Para el análisis de la dimensión económica se integran dos indicadores: inversión privada y los fondos económicos, ambas se obtienen por medio de una entrevista técnica. La dimensión institucional se estructura en tres indicadores: análisis técnico de riesgo, identificación del riesgo y la aplicación de normatividad. La obtención de datos se realizó a través de una entrevista técnica, una encuesta y un documento de verificación institucional.

Finalmente, la variable capacidad adaptativa se estructura en dos dimensiones: la primera, referida a la adaptación y cuyo indicador es el uso de tecnologías, y la segunda, la mitigación, donde se identifican las medidas pasivas ante el fenómeno de análisis. La información se obtiene por medio de una encuesta y una entrevista técnica. Así, cabe destacar que cada indicador se integra de fichas técnicas que contienen información base: meta dentro del sistema de indicadores, tipo de indicador, definición de este, comentarios, importancia, metodología de cálculo y fuente de información y resultados.

Tabla 3.1. Sistema de Indicadores de resiliencia ante la erosión costera en playas de uso turístico

Variable	Dimensión	ID	TIPO PER	Indicadores	Fuente	Referencia
Amenaza	Erosión costera	01	Presión	Presencia de escarpes	Recorrido en campo	Edwards - Carranza, 2000
Vulnerabilidad	Social 03	02	Estado	Cohesión social	Encuesta	Godschalk, 2003
		Respuesta	Participación ciudadana	Encuesta	Godschalk, 2003	
	Técnica 05 06 07	04	Respuesta	Mecanismos de planificación	Entrevista	Renaud, F. G. et al., 2010
		Estado	Desestabilización de cimientos	Recorrido en campo	Soares, Gandara y Baidal, 2012	
		Estado	Accesibilidad a la playa	Recorrido en campo	Sancho Perez, García Mesanat, 2006	
		Estado	Infraestructura adecuada	Análisis crítico de documento/ entrevista	Blancas- Peral et al., 2009	
	Cultural 09	08	Respuesta	Identidad	Encuesta / entrevista	Godschalk, 2003
		Respuesta	Arraigo	Encuesta / entrevista	Godschalk, 2003	
	Ecológica 11	10	Estado	Cobertura vegetal de playas	Recorrido en campo	Barboza Araujo, 2008
		Estado	Calidad de arena	Análisis de laboratorio	Amstrong, 2016	
	Económica 13	12	Respuesta	Inversión privada	Entrevista	
		Respuesta	Fondos económicos	Entrevista	Micallef, A., & Williams, A. T., 2002	
	Institucional 15 16	14	Respuesta	Análisis técnico del riesgo	Análisis crítico de documentos	Rodney J.James, 2013
		Estado	Identificación del riesgo	Entrevista	Gray, S. et al., 2015	
		Estado	Aplicación de normatividad	Entrevista	Barboza Araujo, 2008	
Capacidad Adaptativa	Adaptación	17	Respuesta	Uso de tecnologías	Entrevista/ encuesta	Carpenter, S. et al., 2012
	Mitigación	18	Estado	Identificación de conocimiento y acciones	Entrevista / encuesta	Brand, F. & Jax, K., 2007

Fuente: elaboración propia

Ejemplo de fichas técnicas

Las fichas técnicas constituyen una herramienta básica en los estudios del monitoreo de indicadores. Permiten la consulta sistematizada de información, lo cual contribuye a la toma de decisiones. Están conformadas por variables, tipo de indicador, dimensión en el análisis de la resiliencia, meta asociada al sistema de análisis y al marco de Sendai; además, se diferencia si es un indicador de presión, de estado o de respuesta; se distingue si es un indicador sencillo o complejo en función de la información disponible. Asimismo, se señala una definición, se añaden comentarios referentes al cálculo, se menciona la importancia en el sistema, la metodología, las fuentes de información y los resultados.

A continuación, se presentan ejemplos de fichas técnicas de cada una de las dimensiones.

<table>
<tr><td colspan="5">Variable: Amenaza Clave del indicador: 01</td></tr>
<tr><td colspan="5">Dimensión: Erosión costera</td></tr>
<tr><td colspan="5">Meta de la resiliencia de playas de uso turístico: Reconocer la magnitud e intensidad del evento perturbador</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IE Indicador de Presión</td><td colspan="4">Tipo de indicador</td></tr>
<tr><td>Sencillo con información</td><td>Complejo con información</td><td>Sencillo sin información
X</td><td>Complejo sin información</td></tr>
<tr><td colspan="5">Definición: Presencia de escarpes de erosión en la playa</td></tr>
<tr><td colspan="5">Comentarios:
La erosión costera es el proceso natural responsable de la reducción de las playas; el retroceso de las dunas y acantilados da forma a la costa por la acción de las olas, las corrientes y el viento. Se produce principalmente cuando los vientos son violentos, las olas grandes y en momentos de marea alta con altos coeficientes, especialmente si la tormenta conduce estas energías hacia la costa en forma de ondas de tormenta (erosión aguda). Con el paso del tiempo, la sucesión de episodios tormentosos puede dar lugar a una fuerte disminución de la costa (erosión estructural).
La tasa de erosión se mide en volumen / longitud / tiempo (por ejemplo, m3/m/año), pero debido a que se utiliza a menudo para mostrar la velocidad de la disminución de la costa, se expresa generalmente en m/año. La velocidad de retroceso depende de muchos factores (tipo de costa, energía de las olas y las mareas, etc.), y puede ser desde unos pocos centímetros hasta decenas de metros por año. A falta de mediciones, la presencia de escarpes es la evidencia de este proceso.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Importancia:
La presencia de los escarpes es la evidencia principal de la erosión costera, es el agente perturbador y de activación del sistema de indicadores. Por lo tanto, constituye el indicador de presión ante el sistema de playas costeras de uso turístico y tendrá un efecto directo en los resultados de la evaluación de la resiliencia.</td></tr>
</table>

Metodología de cálculo y fuente de información:
Observación directa en campo, levantamiento de información de la altura de la escarpa en metros, levantamiento de perfil topográfico en diversas temporadas del año y en diferentes años. Indicador dicotómico, presencia – ausencia.

Fuente:
Fichas de relevamiento y observación

Resultados:
Presencia de escarpes: SÍ
Evidencia fotográfica:



Fotografía 3.1. Escarpe de erosión costera

Variable: Vulnerabilidad **Clave del indicador:** 05

Dimensión: Técnica

<table>
<tr><td colspan="5">Meta de la resiliencia: Crear respuestas de manera organizada que permitan a los sistemas adaptarse a los cambios y conservar sus funciones.
Meta Marco Sendai: Reducir de manera eficaz el riesgo de desastres, disminuyendo la vulnerabilidad y aumentando la resiliencia.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IE Indicador de estado</td><td colspan="4">Tipo de indicador</td></tr>
<tr><td>Sencillo con información</td><td>Complejo con información</td><td>Sencillo sin información
X</td><td>Complejo sin información</td></tr>
<tr><td colspan="5">Definición: Porcentaje de afirmación de encuestados afectados</td></tr>
<tr><td colspan="5">Comentarios:
La desestabilización de cimientos de construcciones urbanas o de elementos de implementación de actividades recreativas (palapas, terrazas de camastros, albercas, bardas perimetrales) es una de las evidencias claras de los impactos de la erosión costera.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Importancia:
El reconocimiento de daños a la infraestructura por erosión permite identificar a tiempo las afectaciones, velocidad e intensidad de la socavación; asimismo, del desarrollo técnico de las medidas de atenuación del impacto de la erosión</td></tr>
<tr><td colspan="5">Metodología de cálculo y fuente de información:
Porcentaje de encuestados que responden positivamente ante la pregunta: ¿El oleaje ha ocasionado desestabilización de cimientos en su infraestructura?
Fuente:
Encuesta a residentes y prestadores, 2019.</td></tr>
</table>

Resultados

El 32 % de los encuestados reconocieron positivamente la afectación de la infraestructura urbana y recreativa a lo largo de la playa en análisis.

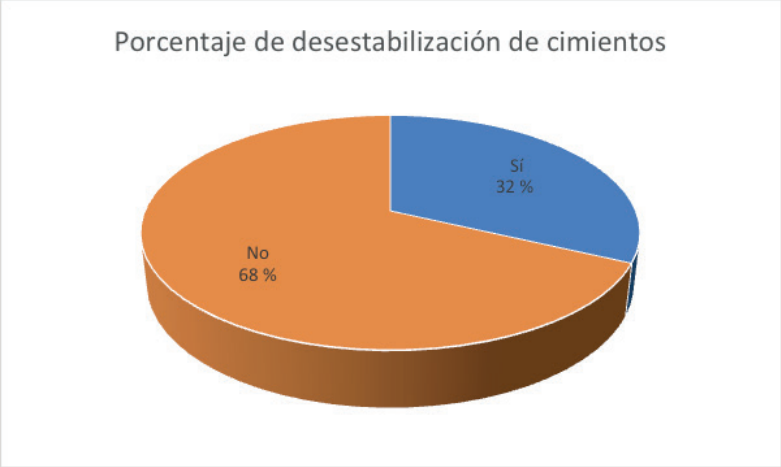


Figura 3.1. Porcentaje de afirmaciones positivas sobre afectaciones por desestabilización de cimientos por erosión





Fotografía 3.2. y Fotografia 3.2 Socavación y desestabilización de los cimientos por erosión

Fuente: elaboración propia

Variable: Capacidad de adaptación	**Clave del indicador:** 18

Dimensión: Mitigación

Meta de la resiliencia: Crear respuestas de manera organizada que permitan a los sistemas adaptarse a los cambios y conservar sus funciones.
Meta Marco Sendai: Reducir de manera eficaz el riesgo de desastres, disminuyendo la vulnerabilidad y aumentando la resiliencia.

IE Indicador de estado	**Tipo de indicador**			
	Sencillo con información	Complejo con información	Sencillo sin información X	Complejo sin información

Definición: Porcentaje de encuestados que conocen los principios de mitigación y reconocen las acciones de mitigación implementadas ante la erosión costera.

Comentarios:
La erosión costera es el proceso natural responsable de la reducción de las playas, el retroceso de las dunas y acantilados. Da forma a la costa por la acción de las olas, corrientes y el viento. Si bien es una actividad natural, en el momento de implementar acciones de urbanización o de uso de recreación, pueden afectar fuertemente las estructuraras urbanas. En ciertos momentos, el desconocimiento del proceso y la falta de acciones para la atenuación o tratamiento de los impactos tiene una alta repercusión económica, social y ambiental (Brand, F. & Jax, K., 2007).

Importancia:
La capacidad de adaptación ante procesos que pueden generar desastres parte del reconocimiento de los fenómenos, sus afectaciones y acciones proactivas para mitigar los niveles de riesgo. Será el objetivo de este indicador conocer si la población y los gestores de la playa identifican los tipos e intensidad de la erosión, así como las acciones de mitigación.

Metodología de cálculo y fuente de información:
Porcentaje de encuestados que responden positivamente ante las preguntas:
¿Conoce medidas de mitigación para la conservación de playas?
¿Ha realizado medidas de mitigación para reducir la pérdida de arena?
Fuente:
Encuesta a residentes y prestadores, 2019

Resultados:
El 72 % de los encuestados conoce las medidas de mitigación ante la erosión de playas.

Gráfico 2. Conocimiento de las medidas de mitigación ante erosión de playas

El 40 % ha realizado medidas de mitigación para reducir la erosión de la playa y la pérdida de arena.

Gráfico 3. Porcentaje de población que ha realizado medidas de mitigación para reducir la erosión de la playa y pérdida de arena.

Consideraciones finales

El desarrollo del sistema de indicadores de resiliencia ante la erosión en playas de uso turístico es una herramienta para la gestión de playas dentro del marco del manejo integrado de la zona costera. Para ello se estableció como estudio piloto la playa turística de la ciudad de Playa del Carmen en Quintana Roo.

Uno de los aportes centrales de la propuesta es la identificación de las dimensiones y variables a considerar dentro del modelo. Asimismo, se destacó el tipo de indicador en función del concepto y los datos disponibles. La sencillez del modelo radica en el uso de sistemas de verificación confiables y oportunos, que no requieren una capacitación especializada para llevar a cabo de manera local el seguimiento.

Los 18 indicadores cuentan con fichas técnicas para su monitoreo y control, que puede realizarse a nivel local o regional, de igual manera pueden evidenciarse las acciones de mitigación concretas para aumentar la resiliencia. La amenaza, la vulnerabilidad y la capacidad adaptativa son elementos básicos para involucrar a los gestores de las playas de uso turístico, por lo que la visualización de los resultados encamina al manejo de problemas bien reconocidos.

Así, es posible reconocer indicadores de presión (presencia de escarpes), de estado (cohesión social, desestabilización de cimientos, accesibilidad a la playa, infraestructura adecuada, cobertura vegetal, calidad de arena, identificación del riesgo e identificación de conocimiento y acciones de prevención), y los indicadores de respuesta o acción (participación ciudadana, mecanismos de planificación, identidad, arraigo, inversión privada, fondos económicos, análisis técnico de riesgo y uso de tecnologías).

Finalmente, debe destacarse que el modelo del monitoreo de los indicadores de resiliencia a la erosión en playas turísticas se puede adecuar en función de los problemas que se deseen analizar bajo un esquema de reconocimiento de acciones para la gestión integral de reducción de riesgo de desastres.

Referencias bibliográficas

Adger, W. N., Hughes, T. P., Folke, C., Carpenter, S. R., & Rockström, J. (2005). Social-ecological resilience to coastal disasters. Science, 309 (5737), 1036-1039.

Albisetti, M. P. (2011). Peligrosidad, vulnerabilidad y riesgos en la costa norte de la ciudad de Mar del Plata, Argentina. Caso de estudio: playas Danilo y Sun Rider. Geográfica digital, 8 (16), 1-11.

Alexandrakis, G., Manasakis, C., & Kampanis, N. A. (2015). Valuating the effects of beach erosion to tourism revenue. A management perspective. Ocean & Coastal Management, 111, 1-11.

Allen, C. R., Angeler, D. G., Garmestani, A. S., Gunderson, L. H., & Holling, C. S. (2014). Panarchy: theory and application. Ecosystems, 17(4), 578-589.

Ariza, E., Jiménez, J. A., & Sardá, R. (2008). A critical assessment of beach management on the Catalan coast. Ocean & Coastal Management, 51(2), 141-160.

Ariza, E., Lindeman, K. C., Mozumder, P., & Suman, D. O. (2014). Beach management in Florida: Assessing stakeholder perceptions on governance. Ocean & coastal management, 96, 82-93.

Ballesteros, C., Jiménez, J. A., Valdemoro, H. I., & Bosom, E. (2018). Erosion consequences on beach functions along the Maresme coast (NW Mediterranean, Spain). Natural Hazards, 90(1), 173-195.

Barbosa de Araújo, M. C., & da Costa, M. F. (2008). Environmental quality indicators for recreational beaches classification. Journal of Coastal Research, 24(6 (246)), 1439-1449.

Birkmann, J. (2006). Indicators and criteria for measuring vulnerability: Theoretical bases and requirements. Measuring vulnerability to natural hazards: Towards disaster resilient societies, 55-77.

Brand, F. S., & Jax, K. (2007). Focusing the meaning (s) of resilience: resilience as a descriptive concept and a boundary object. Ecology and society, 12(1).

Cai, H., Lam, N. S., Qiang, Y., Zou, L., Correll, R. M., & Mihunov, V. (2018). A synthesis of disaster resilience measurement methods and indices. International journal of disaster risk reduction, 31, 844-855.

Carpenter, S. R., Arrow, K. J., Barrett, S., Biggs, R., Brock, W. A., Crépin, A. S. & Li, C. Z. (2012). General resilience to cope with extreme events. Sustainability, 4(12), 3248-3259.

Carranza-Edwards, A. (2010). Causas y consecuencias de la erosión de playas. Impacto del cambio climático sobre la zona costera: México, Instituto de Ecología, AC (INECOL), Texas Sea Grant Program, Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), 36-50.

Castillo, L. & Velázquez-Torres, D. (2015). Sistemas complejos adaptativos, sistemas socioecológicos y resiliencia. Quivera Revista de Estudios Territoriales, 17(2), 11-32.

Cutter, S. L., Ash, K. D. & Emrich, C. T. (2014). The geographies of community disaster resilience. Global environmental change, 29, 65-77.

Cutter, S. L., Ash, K. D. & Emrich, C. T. (2016). Urban–rural differences in disaster resilience. Annals of the American Association of Geographers, 106(6), 1236-1252.

Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E. & Webb, J. (2008). A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. Global environmental change, 18(4), 598-606.

De Leo, F., Besio, G., Zolezzi, G., Bezzi, M., Floqi, T. & Lami, I. (2016). Coastal erosion triggered by political and socio-economical abrupt changes: The case of Lalzit Bay, Albania. Coastal Engineering Proceedings, (35), 13-13.

Enseñat-Soberanis, F. (2019). Gestión del Visitante en Zonas Arqueológicas turistificadas de la península de Yucatán: hacia un uso público sustentable a través de indicadores (Doctoral dissertation, Tesis de Doctorado no publicada de la División de Desarrollo Sustentable, Universidad de Quintana Roo. Doctorado en Desarrollo Sostenible. Cozumel, México).

Enseñat-Soberanis, F. Frausto-Martínez, O. & Gándara-Vázquez, M. (2019) A visitor flow management process for touristified archaeological sites, Journal of Heritage Tourism, 14:4, 340-357, DOI: 10.1080/1743873X.2018.1529179

Esteves, J. M. R., Rodríguez, C. M. W. & Aguilar, M. L. R. Riesgo de desastres en México: eventos hidrometeorológicos y climáticos (pp.29-53). Jiutepec, Morelos, México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Frausto, O. (2014). Monitoreo de riesgos y desastre asociados a fenómenos hidrometeorológicos extremos y cambio climático. Métodos, Bases de datos y discursos. Universidad de Quintana Roo. Cozumel. México.

Frausto, O. et al. (2018). "Herramientas para el desarrollo de indicadores de resiliencia urbana costera ante huracanes". En: Velazquez, et al. Resiliencia en ciudades costeras del caribe mexicano. Universidad de Quintana Roo – CONACYT: México.

Frausto, O., Justo, R. L. & Santos, X. (2006). Indicadores de desarrollo sostenible a nivel regional y local: análisis de Galicia, España, y Cozumel, México. En Guevara Ramos (coord) Estudios multidisciplinarios en turismo (pp. 175–197). México, D.F.: Secretaría de Turismo/Centro de Estudios Superiores en Turismo/Red de Investigadores y Centros de Investigación en Turismo.

Frausto, O., Vázquez, A. Colín, Olivares, O., Hernández, M. L., Arrollo, L., Velázquez, D. (2018) Monitoreo de indicadores de resiliencia urbana ante huracanes para las ciudades costeras: Playa del Carmen, Caribe Mexicano.

Frausto, O., Vázquez, A., Arroyo, L., Castillo, L. & Hérnandez, M. (2016). Hurricane resilience indicators in Mexican Caribbean coastal cities. International Journal of Safety and Security Engineering, 6(4), 755-763.

Gallopín, G. C. (2006). Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. Global environmental change, 16(3), 293-303.

Gray, S., Gray, S., De Kok, J. L., Helfgott, A., O'Dwyer, B., Jordan, R. & Nyaki, A. (2015). Using fuzzy cognitive mapping as a participatory approach to analyze change, preferred states, and perceived resilience of social-ecological systems. Ecology and Society, 20(2).

Hallegatte, S., Vogt-Schilb, A., Bangalore, M. & Rozenberg, J. (2017). Indestructibles: Construyendo la resiliencia de los más pobres frente a desastres naturales. Grupo del Banco Mundial, serie sobre cambio climático y desarrollo https://openknowledge. worldbank. org/handle/10986/25335.

Hernández, M. L., Carreño, M. L., Castillo, L. (2018). Methodologies and tools of risk management: Hurricane risk index (HRi), Internacional Journal of Disaster Risk Reduction, Volume 31, Pages 926-937, http //doi.org/10.1016/jijdrr.2018.08.006

Holling, C. S. & Gunderson, L. H. (2002). Panarchy: understanding transformations in human and natural systems. Washington, DC: Island Press.

Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. Annual review of ecology and systematics, 4(1), 1-23.

IPCC: Global Warming of 1.5º C 2018 https://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15_spm_final.pdf
Jiménez, J. A. & Koningsveld, M. (2002). Coastal state indicators, a bridge between science and coastal management. Coastal State Indicators Report. CoastView Report.
Lucrezi, S., Saayman, M. & Van der Merwe, P. (2016). An assessment tool for sandy beaches: A case study for integrating beach description, human dimension, and economic factors to identify priority management issues. Ocean & coastal management, 121, 1-22.
Martín, J. A. M., Guzmán, T. L., González, V. F. & Ruiz, S. V. (2016). Análisis de la demanda en un destino turístico singular, Melilla. Cuadernos geográficos, 55(2), 282-298.
Monti, A. J. A. & Ferrari, M. P. (2011). Riesgos, conflictos y políticas públicas vinculadas al uso urbano-turístico en el litoral Playa Magagna-Chubut, Argentina.
NOAA: Global Climate Report – Anual 2018 https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201813/supplemental/page-5
Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. Science, 325(5939), 419-422.
Rangel-Buitrago, N. G., Anfuso, G. & Williams, A. T. (2015). Coastal erosion along the Caribbean coast of Colombia: magnitudes, causes and management. Ocean & Coastal Management, 114, 129-144.
Raskin, P. (2006). World Lines. Pathways, Pivots, and the Global Future, Boston: Tellus Institute.
Saja, A. A., Teo, M., Goonetilleke, A. & Ziyath, A. M. (2018). An inclusive and adaptive framework for measuring social resilience to disasters. International journal of disaster risk reduction, 28, 862-873.
Sancho, A., Garcia, G. & Rozo, E. (2007). Comparativa de indicadores de sostenibilidad para destinos desarrollados, en desarrollo y con poblaciones vulnerables. Annals of Tourism Research, 9(1), 150-177.
Saunders, W. S. A. & Becker, J. S. (2015). A discussion of resilience and sustainability: Land use planning recovery from the Canterbury earthquake sequence, New Zealand. International journal of disaster risk reduction, 14, 73-81.
Semeoshenkova, V., Newton, A., Rojas, M., Piccolo, M. C., Bustos, M. L., Cisneros, M. A. H. & Berninsone, L. G. (2017). A combined DPSIR and SAF approach for the adaptive management of beach erosion in Monte Hermoso and Pehuen Co (Argentina). Ocean & Coastal Management, 143, 63-73.
UNISDR: Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction (GAR) 2017 https://www.undrr.org/publication/unisdr-annual-report-2017
Urquiza, A. & Cadenas, H. (2015). Sistemas socio-ecológicos: Elementos teóricos y conceptuales para la discusión en torno a vulnerabilidad hídrica. L'Ordinaire des Amériques, (218).
Valdemoro, H. I. & Jiménez, J. A. (2006). The influence of shoreline dynamics on the use and exploitation of Mediterranean tourist beaches. Coastal Management, 34(4), 405-423.
Walker, B. H., Anderies, J. M., Kinzig, A. P. & Ryan, P. (2006). Exploring resilience in social-ecological systems through comparative studies and theory development: introduction to the special issue. Ecology and society, 11(1).
Walker, B. H., Carpenter, S. R., Rockstrom, J., Crépin, A. S. & Peterson, G. D. (2012). Drivers," slow" variables," fast" variables, shocks, and resilience. Ecology and Society, 17(3).
Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R. & Kinzig, A. (2004). Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. Ecology and society, 9(2).

Weichselgartner, J. & Kelman, I. (2015). Geographies of resilience: Challenges and opportunities of a descriptive concept. Progress in Human Geography, 39(3), 249-267

Zhang, K., Douglas, B. C. & Leatherman, S. P. (2004). Global warming and coastal erosion. Climatic change, 64(1-2), 41.

ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL Y ZONIFICACIÓN DE RIESGO DE EROSIÓN POR ESCORRENTÍA EN UNA CUENCA COSTERA DE PUERTO VALLARTA, JALISCO, MÉXICO

BARTOLO CRUZ-ROMERO, FERNANDA JULIA GASPARI,
FÁTIMA MACIEL CARRILLO GONZÁLEZ, JORGE TÉLLEZ LÓPEZ

CAPÍTULO 4



Escurrimiento superficial y zonificación de riesgo de erosión por escorrentía en una cuenca costera de Puerto Vallarta, Jalisco, México

Bartolo Cruz Romero[1], Fernanda Julia Gaspari[2], Fátima Maciel Carrillo González[1] y Jorge Téllez López[1]

[1]Laboratorio de Ecología, Paisaje y Sociedad, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara. Cuerpo Académico: UDG-CA-1014. Av. Universidad #203, delegación Ixtapa, C.P. 48280, Puerto Vallarta, Jalisco, México.

[2]Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. Calle 60 y 119, C.P. 1900, La Plata, Argentina.

bartolo.cruz@academicos.udg.mx

Introducción

El escurrimiento superficial de agua, captado por las cuencas hidrográficas, concentra y conecta las zonas costeras con los ecosistemas de la parte elevada de las montañas. La integración de esos procesos naturales ayuda a mantener los servicios ecosistémicos de las áreas costeras, pues regula muchas alteraciones, como el efecto de inundaciones, marejadas y tormentas. De tal manera, la determinación del escurrimiento superficial, así como la zonificación del riesgo de erosión por escorrentía en cuencas costeras, conlleva a un análisis para establecer diferentes prácticas de conservación de suelos que controlen el agua y así evitar sus efectos negativos.

El estudio se concentra en las coberturas de suelo, la condición hidrológica y las condiciones de humedad previa (Díaz & Mercado, 2018). Se considera una cuenca hidrográfica como un sistema donde los procesos geomorfológicos, edáficos y culturales se encuentran ligados, y que, además, se genera riesgo por los peligros hidrometeorológicos.

El resultado de este trabajo genera información útil para planificar y ordenar el territorio de influencia de la cuenca costera del río Cuale, a través del cálculo del escurrimiento superficial. Para ello se utilizó el número de curva (NC), el modelo GeoQ y el mapa de zonificación de riesgo de erosión por escorrentía.

Materiales y métodos

Área de estudio

La cuenca del río Cuale se localiza en las coordenadas geográficas: latitud norte entre 20°31'53" y 20°34'11" y longitud oeste entre 105°06'53" y 105°10'5", hacia el sureste de la ciudad de Puerto Vallarta, Jalisco. La superficie total es de 26,993.82 ha y se ubica en la provincia fisiográfica denominada «Zona Montañosa de la Costa del Sudoeste», perteneciente a la Sierra Madre del Sur (Álvarez, 1962). Debido a su orientación -de norte a sur-, sus elementos hidrológicos van de este a oeste, lo cual conforma una red de drenaje de cuenca vertiente hacia la costa. Registra alturas máximas por encima de los 2,400 msnm que conforman el parteaguas natural y permite que drene su cauce principal, el río Cuale, desde las partes altas hacia la costa de Puerto Vallarta en la Bahía de Banderas, Océano Pacífico (Figura 4.1). Presenta cuatro zonas geomorfológicas bien definidas: a) Llanuras aluviales, b) Pie de monte y lomeríos, c) Escarpes y nivel de sierra y d) Zonas elevadas con paredes verticales.

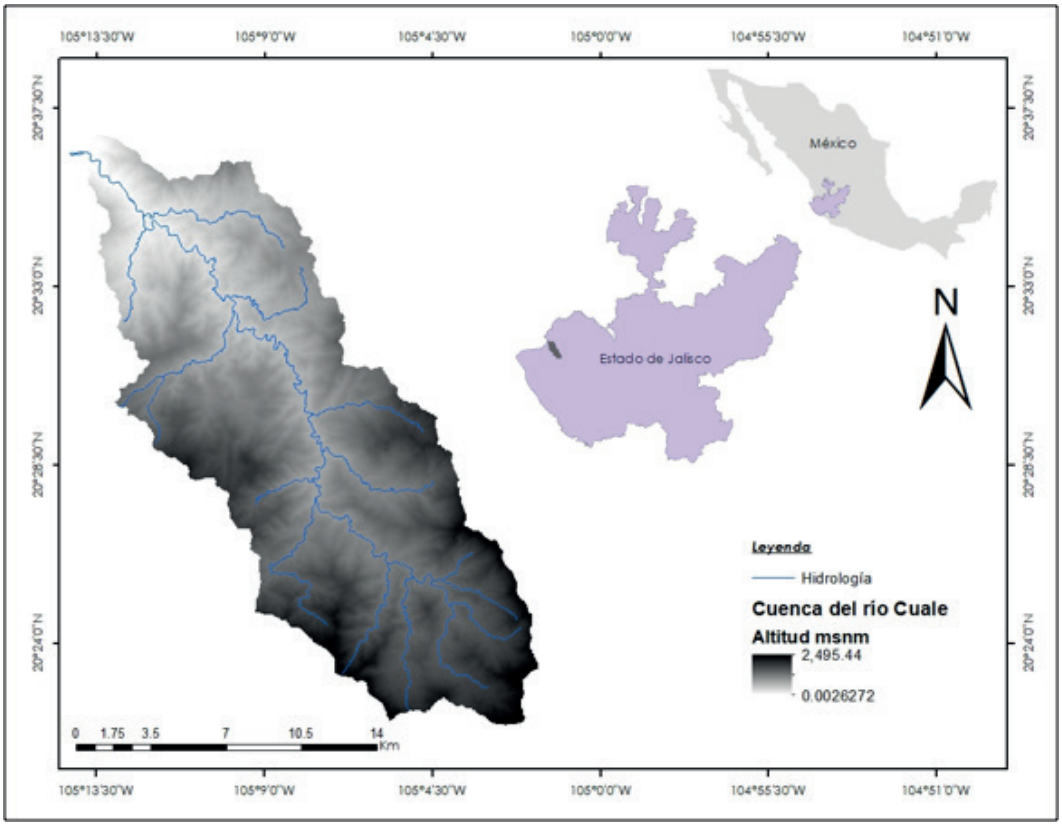


Figura 4.1. Ubicación de la cuenca del río Cuale, Jalisco, México

El entorno geológico superficial está formado por rocas clásticas de origen continental. Se aprecia la arenisca de grano fino con fragmentos de roca volcánica y algunos horizontes de arcilla (INEGI, 2010a). En relación con la susceptibilidad de laderas y procesos de escorrentía superficial, el área se encuentra en un rango de «Moderada» a «Muy alto» (Atlas Nacional de Riesgos, 2020). La precipitación anual es de 1,632 mm en las zonas bajas con un clima sub-húmedo semitropical y 1,447 mm en las partes altas, donde se presenta un clima templado subhúmedo (CONABIO, 2008). Los tipos de vegetación y uso de suelo corresponden al bosque tropical subcaducifolio, bosque templado de coníferas y latifoliadas (pino y encino), agricultura de pastoral y zonas urbanas. El área se encuentra en una zona de transición biogeográfica, es por ello que se dan diversas condiciones ambientales de importancia ecológica, así como su alta biodiversidad y la presencia de especies endémicas, por ejemplo: *Aechmea tuitensis* y *Quercus cualensis*.

Metodología

La metodología implementada corresponde a la que utiliza el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (*Soil Conservation Service*, 1972) para el análisis hidrológico de cuencas. El Servicio desarrolló un método empírico para el cálculo de la transformación de lluvia escorrentía que surgió de la observación del fenómeno hidrológico en distintos tipos de suelo y condiciones de humedad previa (Bustamante, 1984). Posteriormente, estableció la clasificación de los grupos hidrológicos a los que asigna una capacidad de infiltración (López Cadenas de Llano, 1998). El análisis de registros para eventos de tormenta y escurrimiento indican que antes de que exista escurrimiento, se deben satisfacer los volúmenes de intercepción, almacenamiento en depresiones e infiltración, denominados abstracción inicial.

Esta metodología permitió establecer los coeficientes de escorrentía con el uso de datos pluviométricos de la estación meteorológica *El Cuale*, que corresponden a un registro de 23 años (1980-2004), 97 % considerados como datos válidos. Estos valores se relacionaron con el registro histórico diario de las tormentas en la región para tal período. Al mismo tiempo, la determinación del NC y la escorrentía superficial se efectuó con el uso del *software* SIG Idrisi Taiga®, ArcGis 10.3® y el Modelo GeoQ propuesto por Rodríguez y Gaspari (2010). Este modelo permite determinar, cuantificar y zonificar la escorrentía a lo largo del tiempo considerado, según las condiciones de humedad previa para una lámina de tormenta precipitada sobre una cuenca (Rodríguez y Gaspari, 2010).

El mapa de pendientes se elaboró de acuerdo con la información del relieve de la cuenca y las curvas de nivel, y con las herramientas del *software* SIG Arc Gis 10.3, se zonificó el área de estudio según los intervalos de clases de pendiente de acuerdo a la clasificación propuesta por Mintegui (1990) y a partir del modelo de elevación digital (DEM). Con ello se obtuvo, de forma porcentual y a diferentes condiciones de altura, la representación de las pendientes en el área de estudio. El mapa de tipos de suelo se realizó interpretando la información edafológica de México (INEGI, 2010b). Huso: (UTC-6). Proyección: WGS_1984_UTM_Zone_13N correspondientes a las cartas F13C69 Puerto Vallarta y F13C79 El Tuito. Posteriormente, se reclasificó el mapa de vegetación del área propuesta como *Reserva de la Biosfera El Cuale* (Téllez & Delgado, 2011) en cuatro coberturas vegetales y usos de suelo: 1. Zonas agrícolas (ZA), 2. Zonas urbanas (ZU), 3. Bosque tropical subcaducifolio (BTS) y 4. Bosque templado de coníferas y latifoliadas (BTCL).

En la definición de los Grupos Hidrológicos de Suelos (GH) se utilizaron las clases texturales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y la clasificación de datos edafológicos de INEGI (2017). De acuerdo con el SCS, existen cuatro grupos hidrológicos de suelo basados en el potencial de escurrimiento (A, B, C y D) y se describen de la siguiente manera:

Grupo A: suelos muy permeables que presentan escurrimientos mínimos
Grupo B: suelos arenosos menos profundos y menos permeables que los del A
Grupo C: suelos poco profundos que presentan baja permeabilidad al estar saturados. Contienen abundante arcilla y coloides.
Grupo D: suelos con el máximo escurrimiento superficial, muy impermeables

Por último, para elaborar el mapa de riesgo de erosión por escorrentía se realizó un cruzamiento de la información del NC en condición II media de humedad y del mapa de pendientes. Este proceso se llevó a cabo con el comando *Cross Tab* del *software* SIG Idrisi Taiga®, y se aplicó el algoritmo de clasificación denominado *Hard classification*. La información empleada correspondió a los valores de la tabla 1; donde el NC corresponde a la situación media de humedad previa del suelo (condición II) adaptada para la cuenca del río Cuale.

Resultados

Grupos hidrológicos de suelo

Según las características granulométricas y de permeabilidad de cada uno de los tipos de suelo registrados, se tuvo como resultado el mapa de grupos hidrológicos de suelo representado en la Figura 4.2. Se muestra que el grupo hidrológico B -suelos con infiltración moderada- corresponde en su mayor parte al área de la cuenca, a lo cual le sigue el grupo C (suelos con infiltración lenta) y el grupo A (suelos con una alta intensidad de infiltración).

Tabla 4.1. Valores de número de curva (NC), rangos y tipos de pendiente

NC	Muy plano	Plano	Suave	Lomadas	Accidentado	Fuerte	Muy fuerte	Escarpado	Muy escarpado
	0-0.5	0.5-1	1-3	3-12	12-20	20-35	35-50	50-75	75-100
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
35	1		14	21	32	42	54	66	77
36	2			22	33	43	55	67	78
47	3	11	15	23	34	44	56	68	79
57	4	12	16	24	35	45	57	69	80
60	5		17	25	36	46	58	70	81
62	6			26	37	47	59	71	82
70	7			27	38	48	60	72	83
72	8	13	18	28	39	49	61	73	84
77						50	62		
81	9		19	29	40	51	63	74	85
85				30		52	64	75	86
92	10		20	31	41	53	65	76	87

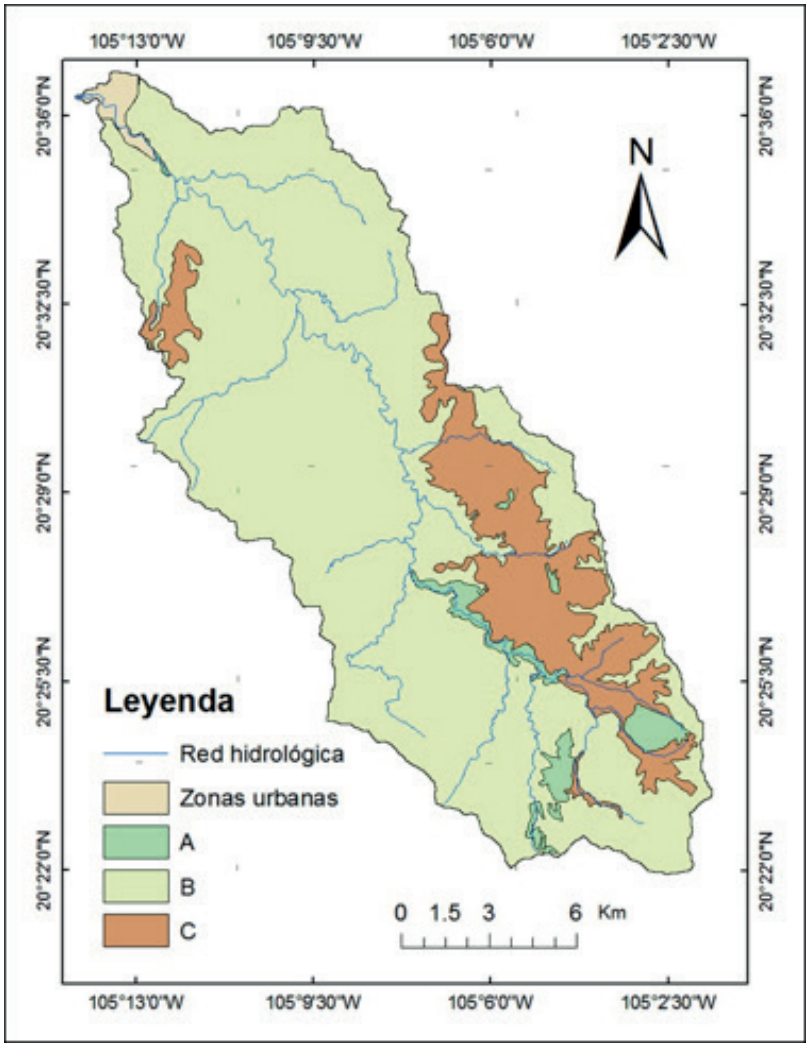


Figura 4.2. Grupos hidrológicos de suelo y zonas urbanas.
Fuente: elaboración propia

Definición de los números de curva para las coberturas

La definición de los NC registrados en la Figura 4.3 muestra el valor relativo de las coberturas como productores directos de escurrimiento que estuvieron en función de una condición media de humedad. La precipitación permitió obtener un grupo de valores que fueron estandarizados con base en la definición de un número adimensional de NC. El resultado mostró un margen de variación de NC de 35 hasta 98; según correspondió al grado del escurrimiento directo. Cuanto mayor es el número, mayor es el volumen de escurrimiento directo que puede esperarse de una lluvia.

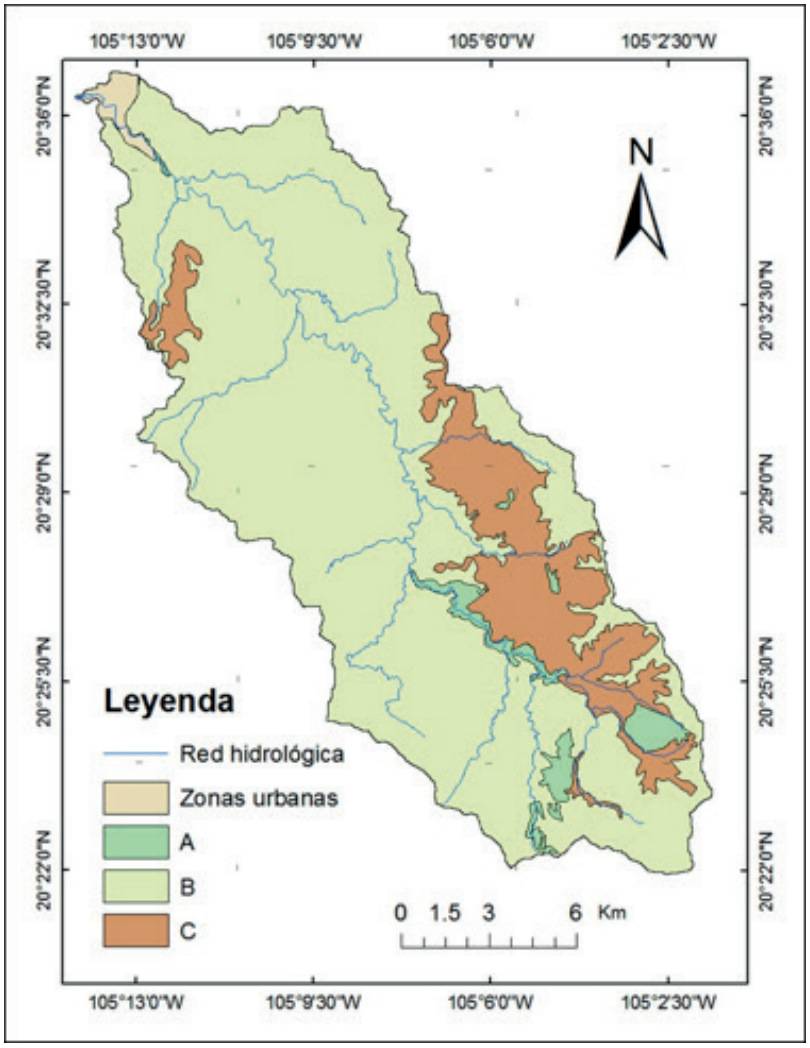


Figura 4.3. Mapa del número de curva
Fuente: elaboración propia

Análisis de datos pluviométricos

En un período de 23 años (1980-2004), se caracterizó la precipitación máxima registrada en el mes de septiembre con datos de la Comisión Nacional del Agua (Figura 4.4), donde se apreciaron los mayores valores en la parte alta de la cuenca. Esto debido a que las precipitaciones en la zona de estudio son de tipo orográficas y se registran valores que fluctúan desde los 27 mm (marzo) hasta los 243 mm (septiembre). Para ello, se tuvo en cuenta el tiempo de retorno, pues a mayor tiempo de retorno mayores valores posibles de precipitación máxima. Este análisis permitió determinar el valor máximo mensual de 243 mm de precipitación

en el mes de septiembre, distribuidos en 19 días con lluvia (Figura 4.5). Los valores fueron utilizados para determinar la escorrentía superficial con la aplicación del modelo GeoQ.

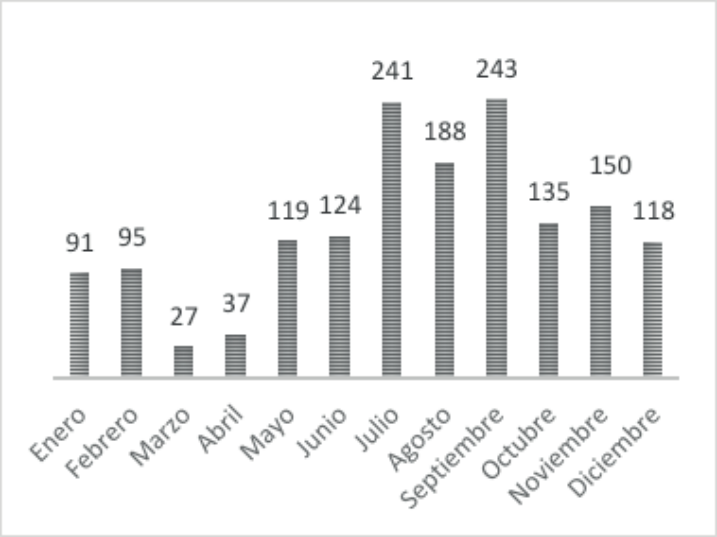


Figura 4.4. Valores máximos mensuales de precipitación expresados en mm (periodo 1980 - 2004)

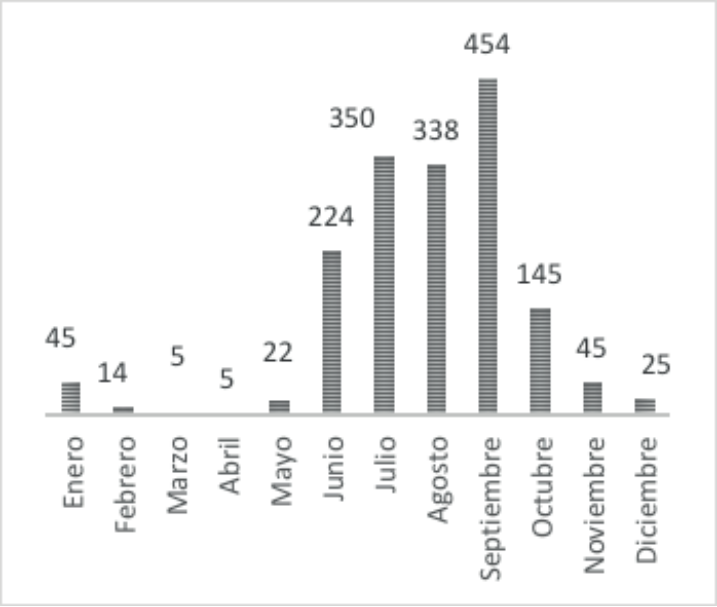


Figura 4.5. Cantidad media de días con lluvia registrados por mes (periodo 1980 – 2004)

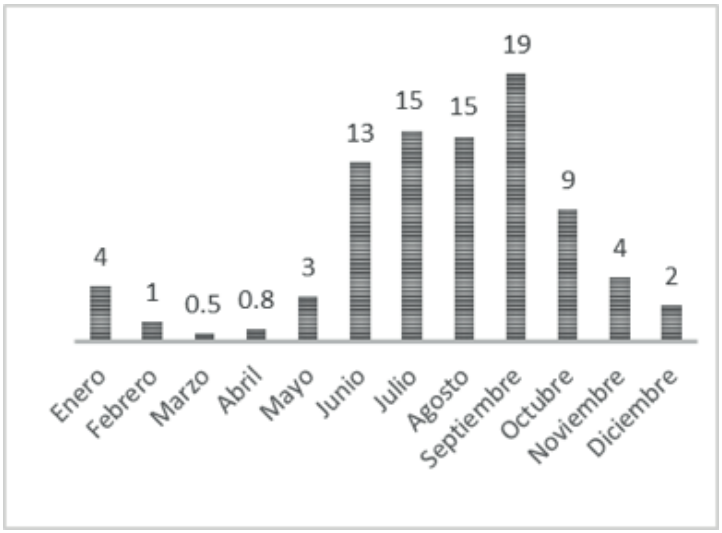


Figura 4.6. Precipitación promedio registrada en (mm) (periodo 1980 – 2004)

Escurrimiento superficial

La determinación de los valores de escorrentía superficial, para la cuenca del río Cuale, dio como resultado el mapa que se ofrece a continuación. Se utilizó la información de los planos de cobertura, grupos hidrológicos, valores del NC y valores máximos de lluvia del período 1980-2004. El resultado corresponde a la distribución espacial de la lámina de escorrentía según el método del número de curva.

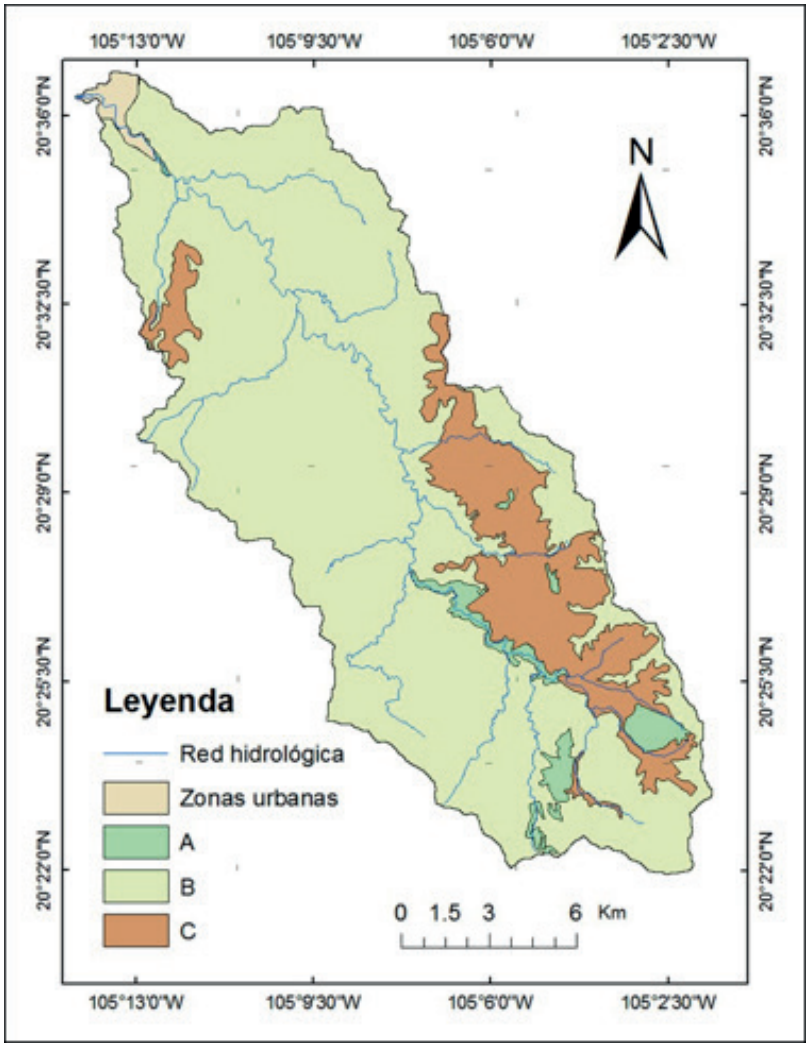


Figura 4.7. Valores de la distribución espacial laminar de la escorrentía (mm)
Fuente: elaboración propia

Mapas de pendientes y riesgo de erosión por escorrentía

Se muestra el mapa de pendientes que representa el relieve de la cuenca (Figura 4.8). Su finalidad consiste en evidenciar, mediante colores, las zonas del territorio con diferentes inclinaciones de relieve en el área de estudio.

El mapa (Figura 4.9) corresponde al resultado de riesgo de la cuenca ante el peligro de erosión por escorrentía. Se muestran geográficamente los terrenos que pueden resultar inseguros, de acuerdo al relieve y en situaciones de crecida. Se parte de la información derivada de la escorrentía superficial, topográfica, hidráulica y pluviométrica.

El riesgo en porcentaje de erosión por escorrentía se desarrolló con los planteamientos en la valoración de la peligrosidad establecida en función de la ocurrencia de un fenómeno natural. Para este caso, se presenció una tormenta de intensidad ≥ a 30 mm/hr, de lo cual se obtuvieron los siguientes porcentajes para toda la zona de estudio: 75 % Muy Alta, 16 % Alto, 5 % Medio, 5 % Bajo y 2 % Muy Bajo. Para establecer tales criterios, se tuvo en cuenta el relieve del terreno y situaciones de crecida, así como la información derivada de la escorrentía superficial, topográfica, hidráulica y pluviométrica.

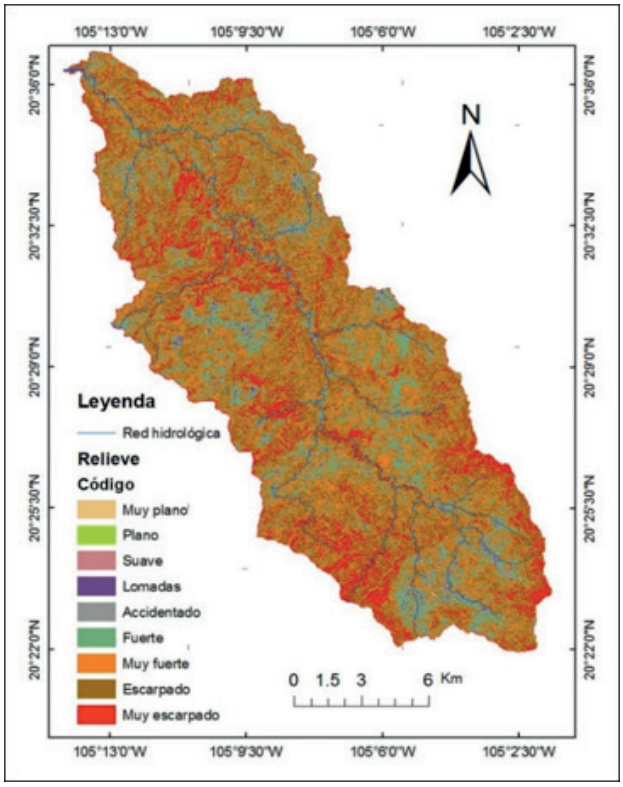


Figura 4.8. Mapa de pendientes respecto al relieve en la cuenca del río Cuale
Fuente: elaboración propia

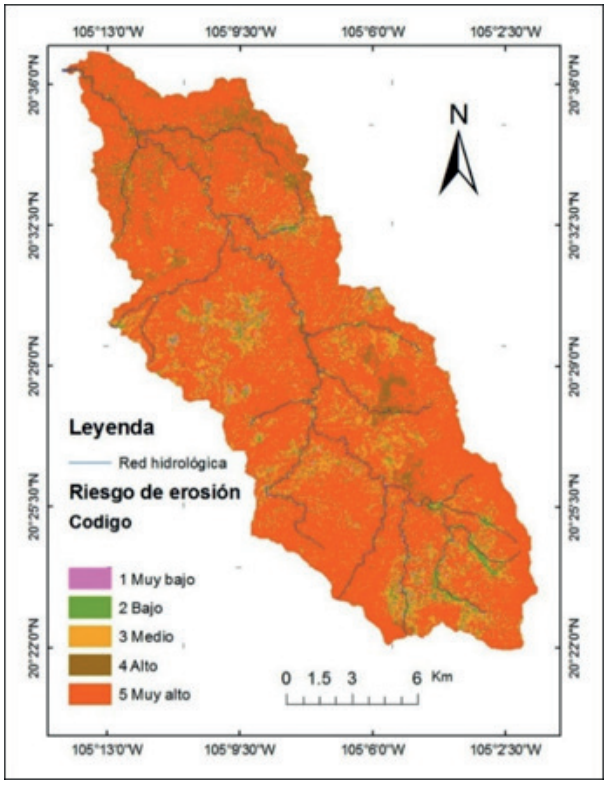


Figura 4.9. Zonificación de riesgo de erosión por escorrentía
Fuente: elaboración propia

Discusión

Los grupos hidrológicos de suelos para la cuenca costera del río Cuale, correspondieron en su mayoría a suelos arenosos menos profundos y con moderada permeabilidad. De acuerdo con Camarasa, López y Pascual (2006), la determinación de los grupos se basa en el análisis de información litológica, geomorfológica y edafológica. Han sido adaptados a las categorías que propone Témez (1978) para el posterior cálculo de la escorrentía superficial. En el grupo hidrológico A se integraron suelos con alta intensidad de infiltración, mientras que el grupo hidrológico B estuvo constituido por suelos con infiltración moderada y el grupo hidrológico C lo formaron suelos con infiltración lenta. Este análisis coincide con los resultados obtenidos por Hawkins et al., (2009) en una revisión sobre el NC que indica la existencia de cierta variabilidad entre clases de suelo, sobre todo los que componen los grupos B y C. La asignación sirvió de referencia para la determinación del NC, pues registró valores entre 47 y 81 para el bosque templado de coníferas y latifoliadas, lo cual ocupó la mayor superficie de la cuenca. Por su lado, el bosque tropical subcaducifolio presentó valores entre 57 y 60. Estos valores coinciden con los NC registrados para 15 cuencas ubicadas en la Región hidrológica No. 10 (Sinaloa) y la Región Hidrológica No. 12 (Río Santiago), según Campos-Aranda (2009).

El autor menciona que con el cálculo del NC se puede estimar, de forma sistemática y regional, la escorrentía superficial en cuencas costeras. Las zonas agrícolas registraron valores de 62 a 72, y a las zonas urbanas les correspondió un valor de 98. Lo anterior se traduce de forma tal que un NC = 98 indica que gran parte de la lluvia escurre, y de acuerdo con Williams et al., (2012), ese valor corresponde a situaciones críticas de escorrentía debido a la variabilidad natural de las precipitaciones. Esto pasa, sobre todo, por la baja permeabilidad de los suelos que ahí se presentan y las características de cobertura relacionadas con las zonas urbanas. Se incluyen áreas de construcción y desprovistas de vegetación. De igual manera, un NC menor a 35 indica que gran parte de la lluvia se infiltra. Este valor se registró en el bosque templado de coníferas y latifoliadas ubicado en la parte alta de la cuenca.

Los resultados coinciden con las relaciones existentes entre escorrentía, coberturas y precipitaciones (Viji et al., 2015). En la cuenca predominan los suelos de textura fina con poca capacidad de infiltración, lo cual supone que el volumen de escurrimiento se debe más a las variaciones en la precipitación de los promedios máximos mensuales (de 82.16 mm en época de secas hasta los 226.16 mm en época de lluvias) que a los cambios de coberturas. Sin embargo, existe una relación consistente entre la deforestación y el aumento de la es-

correntía (Blanco, 2017). Si se considera a la cuenca del río Cuale como una región forestal con 21,642.03 ha de vegetación natural, debe esperarse una mejor regulación del flujo de agua. Ello coincide con los resultados representados en la figura 7, en los cuales se observa que las zonas urbanas desprovistas de vegetación presentan el valor más elevado de escorrentía superficial con 218.36 mm y las coberturas vegetales, incluyendo a las zonas agrícolas, presentan valores de 35.62 a 196.41 mm.

La figura 8 muestra las pendientes del terreno en la cuenca y su incidencia en los procesos de erosión por escorrentía. En pendientes pronunciadas (muy escarpadas) este proceso hidrológico aumenta, pues ocasiona mayor erosión del terreno (Morgan, 2005), condición presente en el 72 % de la superficie de la cuenca. Esto propicia una latente peligrosidad de deslaves o inundaciones con influencia en la costa de Puerto Vallarta, pues el riesgo de erosión por escorrentía está considerado «Muy Alto» para esta área.

El estado se incrementa con el tipo de relieve topográfico y con los cambios de coberturas naturales a zonas agrícolas y urbanas, con valores de escorrentía anual en estas áreas de 154.76 a 218.36 mm; situación que pone de manifiesto la degradación de coberturas boscosas en la parte media-alta y el suelo urbanizado en la parte baja, y el suelo urbanizado en la parte baja, asociado a un relieve muy escarpado, así como a las variaciones de la precipitación, son de los elementos biofísicos de la cuenca del río Cuale que presentan mayores implicaciones desde el punto de vista de producción de la escorrentía superficial. Ello indica que se pudiera incrementar la erosión en la zona costera de Puerto Vallarta, así como otros efectos de deterioro, por ejemplo, la disposición de sedimentos y las afectaciones a comunidades de flora y fauna marina.

Conclusiones

La determinación de la escorrentía superficial y la elaboración del mapa de zonificación de riesgo de erosión por escorrentía corresponden a un análisis hidrológico que integra y adapta herramientas de SIG utilizando el modelo GeoQ.

Los resultados presentados deben ser considerados como indicadores generales de los patrones y la magnitud del riesgo de la escorrentía y del relieve de esta área de estudio, ya que el 72 % de la superficie de la cuenca presenta muy alto riesgo.

La problemática está relacionada con las pendientes y la forma del relieve del terreno. El método utilizado fue desarrollado para estimar el escurrimiento como una función de las coberturas, pendientes, relieve y el clima, y no para predecir el efecto de una corriente natural provocada por las precipitaciones. Un aspecto importante de este trabajo lo constituyó el hecho de proporcionar las herramientas para identificar áreas donde se necesita llevar a cabo el manejo de los recursos naturales. De acuerdo con los valores obtenidos de escorrentía superficial y del mapa de riesgo, la investigación puede utilizarse para identificar zonas vulnerables en las que se debe evitar la conversión hacia usos de suelo que causan erosión, como el agrícola, o donde se necesiten implementar prácticas de manejo para terrenos que ya han sido transformados.

Se establecieron políticas que favorecieron el desarrollo sustentable, tales como la planificación del uso del suelo y el manejo integrado de cuencas hidrológicas. Este estudio formará parte de la investigación justificativa para la declaración de la reserva de la Biosfera El Cuale en el estado de Jalisco, México, lo cual también constituye un progreso sostenible.

Los resultados obtenidos forman parte de una propuesta que integra la información en los mapas SIG. Se representa a la cuenca del río Cuale como un paisaje dominado por las coberturas forestales correspondientes al bosque templado de coníferas y latifoliadas, bosque tropical subcaducifolio, zonas agrícolas y zonas urbanas. Si bien existe una influencia particular de la agricultura sobre el paisaje de la cuenca con 5,104.28 ha, las coberturas naturales abarcan 21,642.03 ha de la misma, y en la planicie costera las zonas urbanas abarcan 248.90 ha. Se crea así un cúmulo de ambientes interrelacionados con la zona urbana, cuya conectividad debe ser considerada en las propuestas de ordenamiento y conservación de la región; pues las aguas superficiales y subterráneas de la cuenca de captación siguen su curso hacia el mar y forman un sistema ambiental integrado en la zona costera.

Referencias bibliográficas

Álvarez, M. Jr. (1962). Apuntes de la clase de Geología, Paleogeografía y Tectónica de México. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México. Atlas Nacional de Riesgos. 2020. Recuperado de: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/inestabilidad-laderas.html.

Blanco, J.A. (2017). Bosques, suelo y agua: explorando sus interacciones. Ecosistemas, 26(2), 1-9. doi: 10.7818/ECOS.2017.26-2.01

Bustamante, E. (1984). Hidráulica de Superficie. Bogotá: CIHRSA.

Camarasa, A.M., López, M.J. y Pascual J.A. (2006). Análisis mediante SIG de los parámetros de producción de escorrentía. En El acceso a la información espacial y las nuevas tecnologías geográficas. Granada: Universidad de Granada, Granada.

Campos-Aranda, D. F. (2009). (2016, 03 de septiembre) Identificación del número N con base en el método del HUT, en quince cuencas rurales de dos zonas geográficas de México. Agrociencia, 43(8), 763-775. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952009000800001&lng=es&tlng=es.

CONABIO. (2008). Regiones Terrestres Prioritarias de México. En Arriaga, L., Espinoza, J.M., Aguilar, C., Martínez, E., Gómez, L. & Loa, E. eds. Regiones Terrestres Prioritarias de México (1er ed.). pp. 76-84. México, D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad.

Díaz-Carvajal, Á. y Mercado-Fernández, T. (2018). Determinación del número de curva en la subcuenca de Betancí, Córdoba, Colombia, mediante teledetección y SIG. Ingeniería y Desarrollo, 35(2), 452-470. doi: 10.14482/inde.35.2.10171

Hawkins, R.H., T. Ward, D.E. Woodward & J.A. Van Mullem. (2009). Curve Number Hydrology. State of the practice. Reston, U.S.A.: ASCE.

http://www.internet.contenidos.inegi.org.mx/.../bvinegi/.../702825092023.pdf

http://www.internet.contenidos.inegi.org.mx/.../bvinegi/.../702825092023.pdf

INEGI. (2001). Diccionario de datos edafológicos. Escala 1:250,000 (Alfanumérico). Recuperado de

INEGI. (2010a). Edafología. Cartas: F13C69 y F13C70. Escala 1:50,000. México, D.F.: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI. (2010b). Geología. Cartas: F13C69 y F13C70. Escala 1:50,000. México, D.F.: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI. (2017). Diccionario de datos edafológicos. Escala 1:250,000 (Vectorial). Recuperado de:

López Cadenas de Llano, F. (1998). Restauración hidrológica forestal de cuencas y control de la erosión. Ingeniería medioambiental. España: TRAGSATEC. Min. Medio Ambiente. Mundi. Prensa.

Mintegui, J. A. y F. López. (1990). La Ordenación Agroecológica en la Planificación. España: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.

Morgan, R.P.C. (2005). Soil Erosion and Conservation. 3ª ed. U.S.A.: Blackwell Publishing.

Rodríguez-Vagaría, A. y Gaspari, F. (2010). (2017, 22 de febrero). GeoQ: Herramienta para la determinación del número de curva y escorrentía bajo entorno SIG. Idrisi Andes®. GeoFocus (Informes y comentarios). 10(1).11-26. Recuperado de www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/203/56

Soil Conservation Service. (1972). National Engineering Handbook. Hydrology. 4a ed. Washington, D.C.: U.S. Dept. Agriculture. Government Printing Office.

Téllez-López, J. y Delgado-Quintana, J. A. (Coord). (2011). Estudio previo justificativo para el establecimiento del área natural protegida "Reserva de la Biosfera El Cuale". Guadalajara: SIGA. Recuperado de siga.jalisco.gob.mx/multi/epjelcuale.pdf

Témez, J. R. (1978). Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales. Madrid: MOPU Dirección General de Carreteras.

Viji, R., Rajesh Prasanna, P. & Ilangovan, R. (2015). Gis Based SCS - CN Method For Estimating Runoff In Kundahpalam Watershed, Nilgries District, Tamilnadu. Earth Sciences Research Journal, 19(1), 59-64. doi:10.15446/esrj.v19n1.44714

Williams, J. R., Kannan, N., Wang, X., Santhi, C. & Arnold, J. G. (2012). Evolution of the SCS Runoff Curve Number Method and Its Application to Continuous Runoff Simulation. Journal of Hydrologic Engineering, 17(11), 1221-1229. doi: 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000529

GENERACIÓN DE MAPAS DE RIESGO POR INUNDACIÓN EN ZONAS URBANAS DE QUINTANA ROO

GERARDO DANIEL LÓPEZ-MONTEJO,
MARÍA LUISA HERNÁNDEZ-AGUILAR

CAPÍTULO 5



Generación de mapas de riesgo por inundación en zonas urbanas de Quintana Roo

Gerardo Daniel López Montejo y María Luisa Hernández Aguilar
Centro de Información Geográfica, División de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Quintana Roo. Boulevard Bahía s/n esquina Ignacio Comonfort, colonia del Bosque, Chetumal, Quintana Roo, México.
lmontejo@uqroo.edu.mx

Introducción

Los fenómenos hidrometeorológicos son aquellos que resultan de las interrelaciones de la atmósfera y la superficie terrestre que forman parte del ciclo hidrológico. Estos tienen la capacidad de ocasionar repercusiones económicas y sociales adversas, sobre todo cuando se presentan de manera extraordinaria (Salas y Jiménez, 2007).

De acuerdo con el *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* (CRED), uno de los fenómenos hidrometeorológicos más frecuentes y de mayor impacto son las inundaciones, que representan el 45 % de los desastres que han ocurrido desde el año 2000 (CRED, 2017). Se reporta que han sido afectadas 2,000 millones de personas en todo el mundo, sobre todo en las zonas costeras que son las más expuestas a los efectos adversos.

Existen diferentes tipos de inundaciones, como las fluviales, las ocasionadas por marea de tormenta y las pluviales. Es objetivo de esta investigación evaluar las dos últimas. La marea de tormenta es una elevación del nivel del mar provocada por la cercanía de ciclones tropicales a la costa que, con sus fuertes vientos y gradiente de presión, generan un oleaje intenso y pueden provocar inundaciones graves, en dependencia de la topobatimetría de la zona (Powell y Reinhold, 2007). Por su parte, las inundaciones pluviales son ocasionadas por lluvias intensas que saturan el terreno, lo que favorece la acumulación del agua sobre el mismo. Esa puede permanecer horas e incluso días hasta que se evapora o se infiltra en el subsuelo (Alcocer-Yamanaka et al., 2016).

El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) señala que, desde 1950 se ha observado un aumento en las precipitaciones intensas y se espera que, con el aumento de la temperatura ocasionado por el cambio climático, se modifiquen los patrones tradicionales del clima a nivel mundial, lo cual afectará actividades que están ligadas a los recursos hídricos, tales como la producción alimentaria, el suministro de agua potable y el saneamiento (IPCC, 2014). Otro factor importante que aumenta los niveles de riesgo por inundaciones es el crecimiento urbano que modifica los ecosistemas locales. Las aguas superficiales acumuladas, generadas por precipitaciones pluviales extraordinarias en medio urbano, ya sean producidas por las lluvias o por fenómenos naturales que transcurren en las ciudades, dan cuenta, en las circunstancias actuales, de un complejo conjunto de disfuncionalidades que afectan tanto al ámbito urbano como al rural.

Las lluvias entorpecen el funcionamiento de las estructuras urbanas y provocan inundaciones de poblaciones enteras, erosión del suelo, cortes en el sistema vial urbano y rural, contaminación, deterioro de edificios y daños a la salud pública en asentamientos humanos por la penetración de las aguas superficiales a las alcantarillas de aguas servidas que se desbordan.

En México, la presencia de peligros hidrometeorológicos es continua, y debido a la ubicación geográfica de sus poblaciones y a su orografía, tiene grandes repercusiones (Eslava et al., 2006). La modificación del terreno en las cuencas (cambio en los usos del suelo) produce daños cada vez más considerables por efecto de las inundaciones, al mismo tiempo que poblaciones asentadas en zonas que originalmente forman parte de un cauce se han visto envueltas en una inundación. A esto se añade que en el país la gestión deficiente de los recursos naturales ha contribuido a la deforestación de zonas boscosas para convertirlas en áreas de cultivo o vivienda.

En este estudio se presentan los resultados del peligro y riesgo por inundación pluvial y por marea de tormenta para las ciudades de Cancún y Chetumal. La cartografía elaborada forma parte del Atlas de Riesgos y Peligro Naturales para el municipio de Benito Juárez y de la actualización de los resultados del Atlas de la Zona Metropolitana de la Ciudad de Chetumal.

El proceso para la elaboración de la cartografía utiliza la metodología propuesta en la elaboración de mapas de riesgos por inundación en zonas urbanas (Salas, 2014) del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). Esta metodología emplea el programa

de cómputo de uso libre HecRAS para delimitar las zonas inundadas a partir de simulaciones hidráulicas, auxiliadas por modelos digitales de elevación del terreno. La estimación de la marea de tormenta está basada en la metodología del CENAPRED para la elaboración de mapas de riesgo por inundaciones costeras por marea de tormenta (Eslava et al., 2006).

Área de estudio

La ciudad de Cancún se localiza en la Región Hidrológica-Administrativa XII, Península de Yucatán, dentro de la Región Hidrológica Yucatán Norte, que tiene un drenaje abierto hacia el mar (Figura 5.1). Cuenta con una superficie de 1978,75 km^2 (UQROO-CIG, 2018) y elevaciones que van de 0 a 11 msnm. Posee una temperatura promedio mensual alrededor de los 27 °C y un régimen pluvial con dos periodos claramente diferenciados, uno de lluvias, durante los meses de mayo a octubre (con una precipitación media mensual de 120 mm), y una época de secas en los meses noviembre a abril (con una precipitación media mensual de 58 mm). Sin embargo, se observan de año en año cambios en el patrón de las precipitaciones (Figura 5.2 A).

La ciudad de Chetumal, al sur del Estado, desde una perspectiva hidrológica, se localiza al interior de la Provincia Fisiográfica conocida como Península de Yucatán, que comprende los estados de Yucatán y Campeche y parte de los países de Belice y Guatemala (Figura 5.1). Chetumal es una ciudad costera de frontera, además de ser la ciudad capital, con límite natural constituido por el río Hondo que divide México y Belice, y una superficie urbana aproximada de 140 km^2 (Hernández *et al*., 2018).

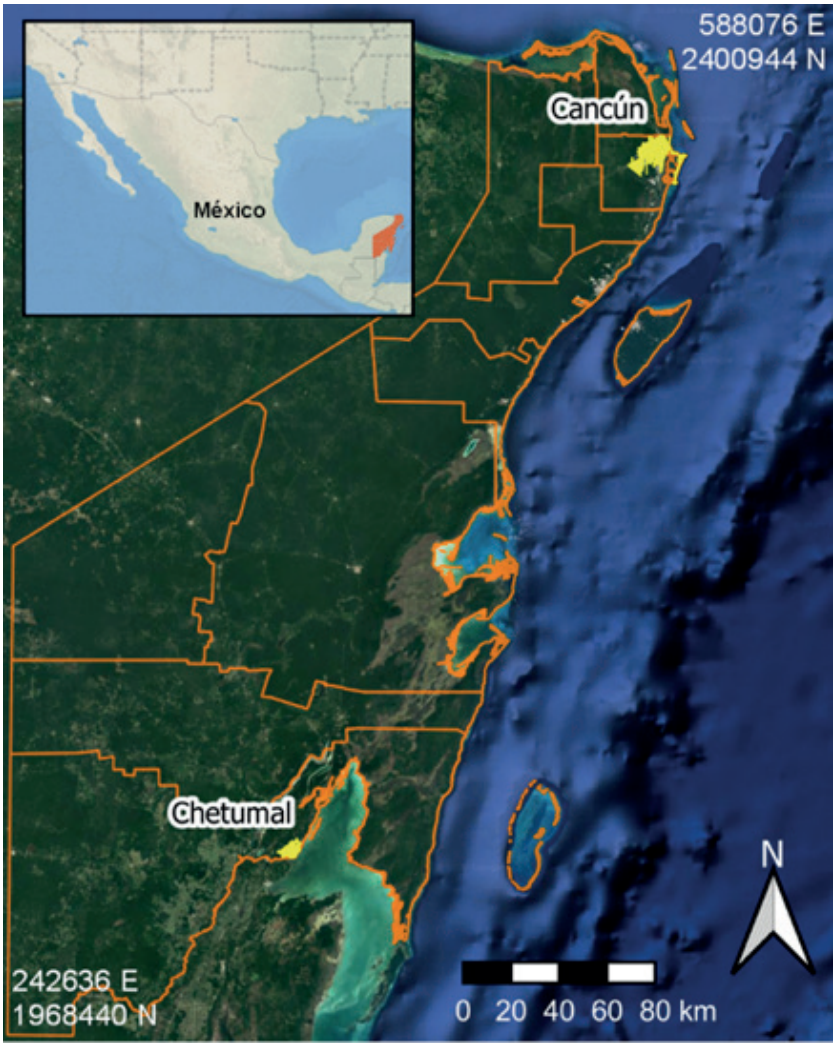
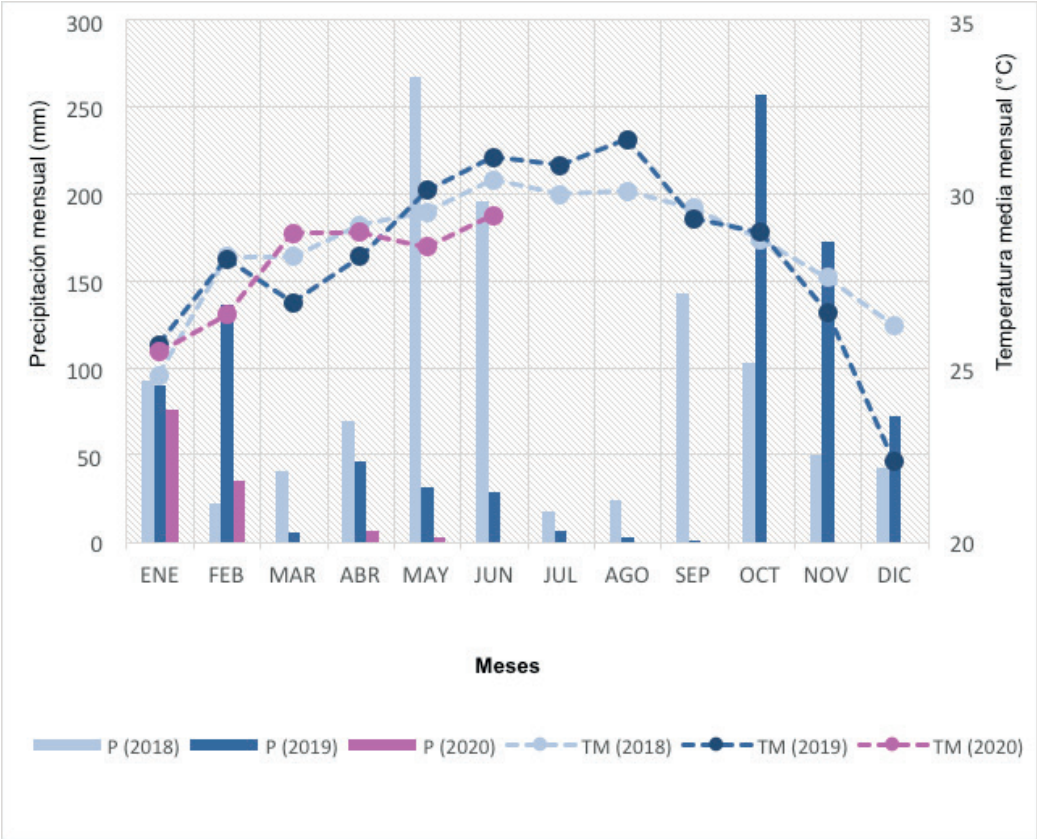


Figura 5.1. Mapa de ubicación de las ciudades de Chetumal y Cancún
Fuente: elaboración propia

Desde la franja costera, se observa un relieve topográfico plano con elevaciones que van de 0 a 20 msnm. Posee una temperatura promedio mensual de alrededor de 27 °C y un régimen pluvial identificado por dos periodos, uno de lluvias durante los meses de mayo a octubre (con una precipitación media mensual de 120 mm) y una época de secas en los meses de noviembre a abril (con una precipitación media mensual de 70 mm). Sin embargo, en 2020, solo una estación meteorológica para la ciudad de Chetumal, en el mes de junio, ya contabilizaba 632.84 mm de precipitación (Figura 5.2 B), similar a lo que llovió en todo el año anterior (788.19 mm). En 2018 y 2019 las precipitaciones invernales mantuvieron su ciclo, no así en 2020.

(A)



(B)

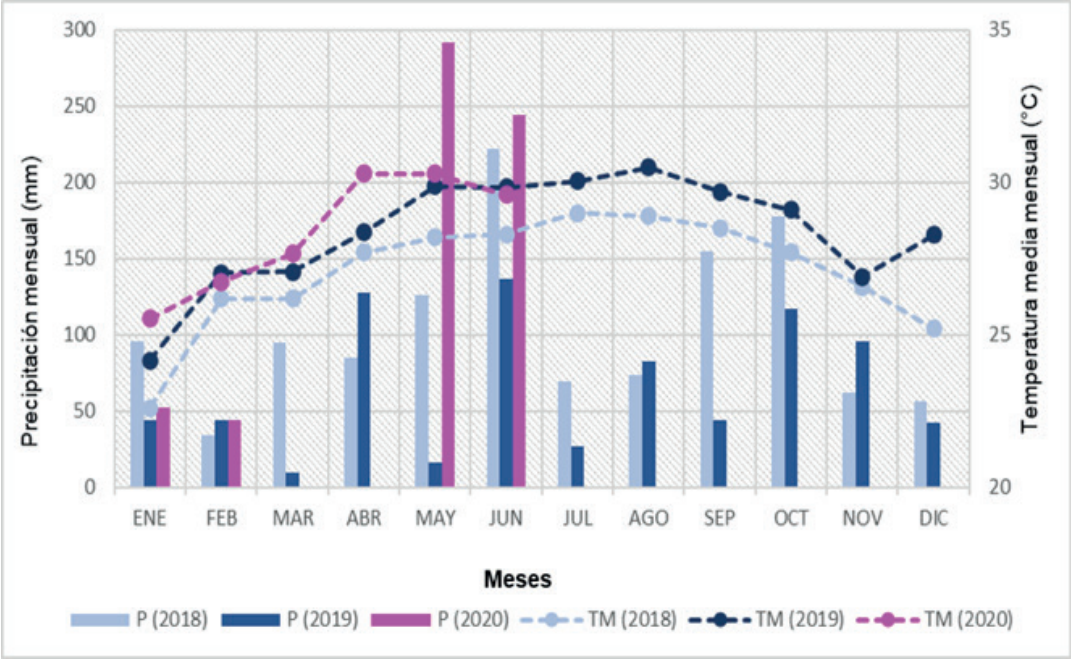


Figura 5.2. Climogramas de la ciudad de Cancún (A) y Chetumal (B)
Fuente: elaboración propia

Cuando se estudian las inundaciones pluviales, se debe considerar que el terreno puede no ser homogéneo y su escurrimiento depende de la topografía y del tipo de suelo. Para el fenómeno de la marea de tormenta, que se presenta cuando existe la afectación de un ciclón tropical, el factor que determina la altura de la ola es la presión atmosférica y la profundidad del lecho marino. A menor presión atmosférica y profundidad del lecho marino, mayor será la altura de la ola.

Las inundaciones pluviales se miden usando dos variables, la primera es la altura de la lámina de agua formada, y la segunda es la intensidad de la precipitación que relaciona esta altura de la lámina de agua con el tiempo que tardó la lluvia en alcanzarla (mm/hrs). Para determinar la altura de la ola en la marea de tormenta se utiliza un Modelo Digital del Elevaciones (MDE) y el criterio establecido en la escala Saffir-Simpson para el oleaje de huracanes categoría 5, donde se señala que las estructuras situadas a menos de 4.6 m debajo del nivel del mar sufrirían daños graves (Rosengaus et al., 2002).

Los registros de precipitación se obtuvieron de los mapas de periodos de retorno generados por la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT, 2015). Para este caso de estudio, se utilizó el modelo digital de elevaciones del Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM 3.0) generado por el INEGI, que fue corregido para excluir errores tales como la falta de valores en algunos píxeles. Con este MDE se obtuvieron la red de drenaje y las microcuencas hidrográficas (Figura 5.3). Para ello se utilizaron herramientas de análisis hidrológico en sistemas de información geográfica, particularmente el software QGIS.

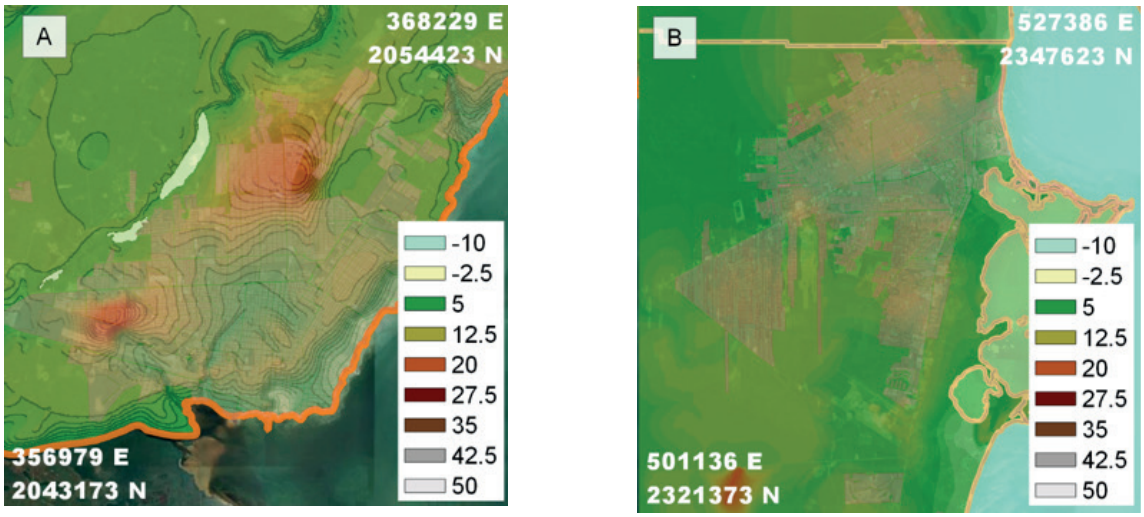


Figura 5.3. Altitud del terreno – Modelo digital de elevaciones para las ciudades de Chetumal (A) y Cancún (B). Fuente: elaboración propia

Estas herramientas de análisis hidrológico se utilizan para calcular las direcciones de flujo en cada uno de los píxeles del MDE (Figura 5.4 A), que pueden ser 8 de acuerdo con los píxeles que son vecinos del píxel analizado. Con este resultado se obtienen las zonas de acumulación de flujo que son las partes más bajas y cóncavas del terreno (Figura 5.4 3B) y, por último, se obtiene la red de drenaje que representa los cauces virtuales sobre los que viajan los escurrimientos, es decir, la parte más baja de la cuenca (Figura 5.4 C).

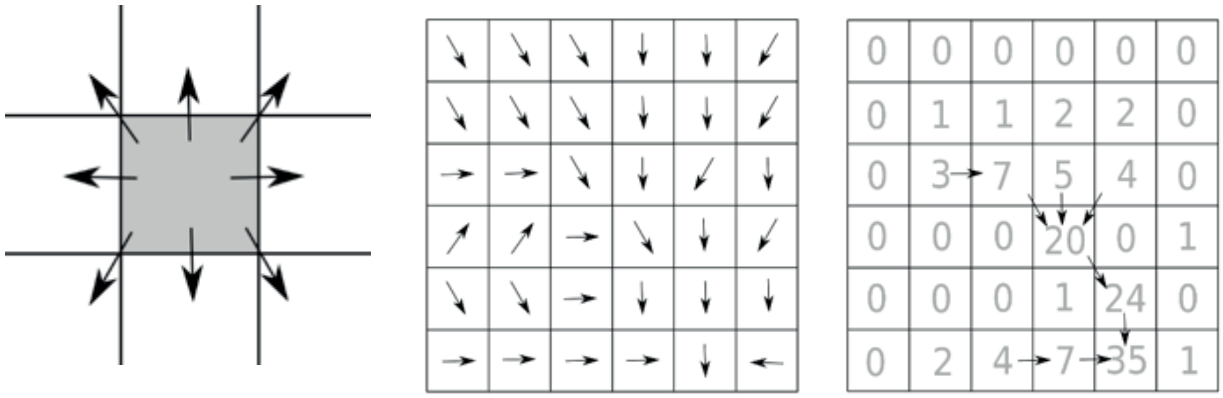


Figura 5.4. Direcciones de flujo por píxel (A), acumulación de flujo (B) y red de drenaje (C)

Las zonas de acumulación de flujo y la red de drenaje sirven como insumo para el cálculo de la cobertura de las microcuencas, áreas en las que hay un flujo real o virtual de agua. Las microcuencas obtenidas para las ciudades de Chetumal y Cancún se extienden más allá de los límites de su mancha urbana, ya que se busca que los escurrimientos provenientes de otras zonas sean adecuadamente representados en el modelo de inundación (Figura 5.5).

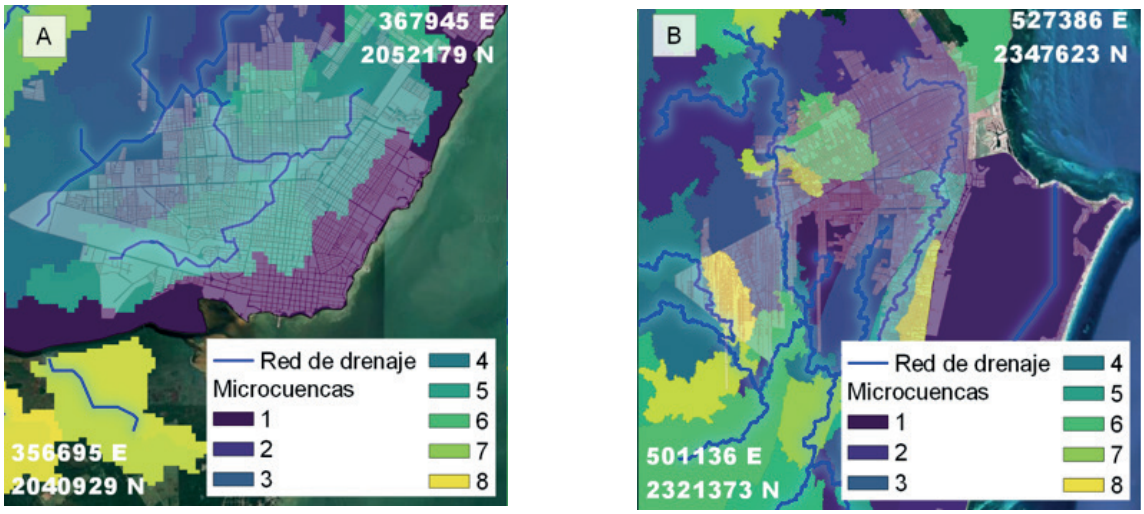


Figura 5.5. Microcuencas y red de drenaje para las ciudades de Chetumal (A) y Cancún (B).
Fuente: elaboración propia

Para modelar los polígonos de inundación pluvial se estimaron los caudales en los flujos principales para cada microcuenca, es decir, aquellos en los que desemboca la red de drenaje. Se calcularon las pendientes promedio utilizando la fórmula de Taylor – Schwartz (Ecuación 5.1).

$$S_{media} = \left[\frac{L}{1 + \frac{l_1}{\sqrt{S_1}} + \frac{l_2}{\sqrt{S_2}} + \cdots \frac{l_m}{\sqrt{S_m}}} \right]^2 \qquad \text{Ecuación 5.1.}$$

donde:

S_{media} = es la pendiente media del cauce principal de la microcuenca; L es su longitud total; S1, S2, ..., Sm son las pendientes de cada segmento de recta; y L1, L2, ..., Lm son las longitudes de cada segmento de recta.

Utilizando la fórmula de Kirpich (Ecuación 5.2) se calculó el tiempo de concentración de la cuenca, este valor aporta los minutos en que cada microcuenca estaría aportando agua al punto de salida de esta; es decir, en cuánto tiempo la microcuenca estaría llena y desbordando.

$$T_c = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \qquad \text{Ecuación 5.2.}$$

donde:

L = es la longitud del segmento de red y S la pendiente del mismo segmento, para cada una de las microcuencas.

Para estimar la capacidad de la microcuenca se utilizaron los mapas de precipitación máxima con intensidad de una hora y 24 horas, y periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años generados por la SCT y la siguiente fórmula (Ecuación 5.3).

$$hp_{tc} = \frac{hp_{24} - hp_1}{3.1781} (In(t_c)) + hp_1 \qquad \text{Ecuación 5.3.}$$

donde:

hp_{tc} = es el valor de la precipitación para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca en estudio, mm.

hp_{24} = valor de la precipitación para una duración de 24 horas y un determinado periodo de retorno, mm (SCT).

hp_1 = valor de la precipitación para una duración de 1 hora y un determinado periodo de retorno, mm (SCT).

t_c = tiempo de concentración de la cuenca en estudio.

El gasto de diseño se calcula utilizando la fórmula racional, método desarrollado en el año de 1889, que por su sencillez todavía se sigue empleando (Breña, 2010). Este método considera que el gasto máximo se alcanza cuando la precipitación se mantiene con una intensidad constante durante un tiempo igual al tiempo de concentración. La fórmula racional es (Ecuación 5.4):

$$Q_P = 0.278\, C\, i\, A \qquad \text{Ecuación 5.4.}$$

donde:

Q_p = Gasto máximo de la cuenca

C = Coeficiente de escurrimiento, representa la fracción de la lluvia que escurre en forma directa. Varía entre 0 y 1.

i = Intensidad media de la lluvia para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca, mm/h.

A = Área de la cuenca, km2

Con las variables calculadas de la red de drenaje de cada cuenca y la topografía del terreno (MDE), se obtuvo el gasto máximo por cuenca (Q_p), que es la cantidad de agua que generaría la lluvia de diseño correspondiente a un periodo de retorno de 100 años. A partir de lo anterior, se estiman los escenarios de peligro basados en el modelo hidráulico propuesto por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (USACE, 2002) en su software *HecRAS*, recomendado por el CENAPRED (Tabla 5.1).

Por otra parte, para el cálculo de las zonas inundadas por el fenómeno de marea de tormenta se seleccionó como escenario la altura de la ola establecida por la escala Saffir-Simpson para huracanes categoría 5, que coincide con lo reportado por la CENAPRED en su modificación a la metodología para el cálculo de inundaciones por marea de tormenta (Baeza et al., 2018). Con el criterio anterior, se extrajeron del MDE todos los píxeles con una altura menor a los 5.5 metros y que están a 3 kilómetros de la costa.

Resultados

Las ciudades incluidas en el presente estudio, como se evidencia en la figura 2, se encuentran a pocos metros sobre el nivel del mar, con una altitud máxima de 20 msnm para Chetumal y 12 msnm para Cancún. De la misma manera, se observa que existen zonas de su territorio cercano a la costa ya en sumersión (alrededor de -2.5 m), probablemente debido a la erosión de las corrientes subterráneas (Figura 5.5), y las precipitaciones que dañan la roca caliza en la que se asientan provocan subsidencias y hundimientos (Fragoso y Pereira, 2018).

Por tal motivo, el nivel de elevación del terreno en la costa de ambas ciudades es una de las condiciones que contribuye a que la marea de tormenta, causada principalmente por fenómenos meteorológicos extremos como los ciclones tropicales, pueda afectar cientos de kilómetros de costa y penetrar varios kilómetros tierra adentro, lo que conjuntamente con las grandes olas, origina pérdidas económicas en la infraestructura cercana, principalmente en la turística que es la que se encuentra ubicada en la costa (Figura 5.6). En general, no debe olvidarse que el peligro de inundación por marea de tormenta se acrecienta con el aumento de la categoría de huracán (Rey et al., 2019).

Tabla 5.1. Volumen de agua por cuenca para la ciudad de Chetumal (A) y Cancún (B)

(A)

Cuenca	Área cuenca (km^2)	Tc (minutos)	Smedia	Longitud	Periodo de retorno - Precipitación de 24 horas	Periodo de retorno - Precipitación de 1 hora	Hptc (mm)	Intensidad (mm/h)	Qp (m^3/s)
1	6.153	13.08	0.670	3836.586	400	100	43.80	200.97	103.14
2	2.803	9.35	0.468	2071.633	400	100	75.52	484.79	113.32
3	2.120	5.45	0.980	1487.879	400	100	126.45	1392.43	246.19
4	3.860	14.18	0.149	2010.705	400	100	36.19	153.17	49.31
5	4.341	32.53	0.106	4972.228	400	100	42.20	77.84	28.18
6	1.621	9.18	0.105	957.235	400	100	77.18	504.29	68.17
7	1.254	16.06	0.134	2240.358	400	100	24.41	91.19	9.53
8	3.366	17.62	0.317	3885.071	400	100	15.66	53.32	14.97

Tabla 5.1 Volumen de agua por cuenca para la ciudad de Chetumal (A) y Cancún (B) (continuación)

(B)

Cuenca	Área cuenca (km^2)	Tc (minutos)	S_{media}	Longitud	Periodo de retorno - precipitación de 24 horas	Periodo de retorno - precipitación de 1 hora	Hp_{tc} (mm)	Intensidad (mm/h)	Qp (m^3/s)
1	14.484	39.37	0.53	14306.81	300	100	73.48	111.99	135.29
2	12.855	36.03	0.86	16157.64	400	100	51.85	86.35	92.58
3	22.446	57.23	0.66	25823.81	400	100	95.54	100.16	187.51
4	24.430	37.99	0.74	16098.51	400	100	56.85	89.80	182.96
5	13.001	15.75	0.69	4957.26	400	100	26.25	99.98	108.41
6	21.622	36.30	0.88	16571.66	400	100	52.56	86.88	156.67
7	17.491	19.11	0.64	6132.49	400	100	8.00	25.11	36.62
8	26.662	56.55	0.55	23340.85	400	100	94.42	100.17	222.75

Fuente: elaboración propia

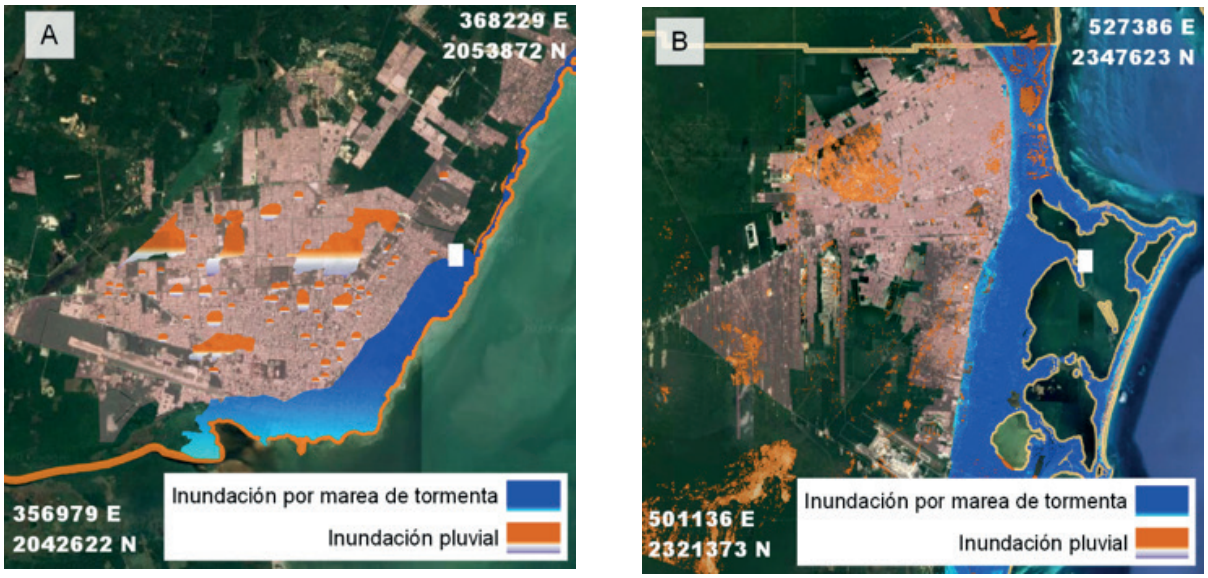


Figura 5.6. Zonas de inundación pluvial y por marea de tormenta para las ciudades de Chetumal (A) y Cancún (B).

Fuente: elaboración propia

En la Figura 5.5 se pueden observar zonas de inundación pluvial al norte y noroeste de ambas ciudades que se corresponden con superficies de reciente urbanización o, incluso, como en el caso de Chetumal, asentamientos irregulares.

Por otra parte, una importante zona de inundación pluvial, de acuerdo con los resultados obtenidos para la ciudad de Cancún, coincide con su microcuenca 6 que es una zona de alta densidad poblacional (figura 4), por lo que, tanto la población como la infraestructura asentada ahí se encuentran vulnerables a esta amenaza. De la misma manera, en la figura 5 también se observa que coinciden áreas sujetas a inundación pluvial y marea de tormenta; debido probablemente a la sumersión de la costa.

Discusión

En la ciudad de Chetumal, la intrusión del agua de mar por marea de tormenta sería sustancialmente menor a la que se presentaría en la ciudad de Cancún; por lo tanto, los daños a la infraestructura y a la movilidad urbana serían menores. Sin embargo, es precisamente en esa zona donde se encuentran los edificios más antiguos, ya que la fundación de la ciudad fue precisamente cercana a la costa. Lo anteriormente referido es importante ya que una vivienda de construcción más antigua presenta una resistencia estructural menor (Eslava et al., 2006). La zona de peligro de marea de tormenta coincide con un desnivel natural en la ciudad que inicia en la costa (0 msnm) hasta alcanzar los 6 metros sobre el nivel del mar.

El riesgo de inundación para esta ciudad es provocado principalmente a causa de la precipitación pluvial. En parte porque la ciudad se ha construido sobre el relleno de humedales y suelos inundables, donde se ha desarrollado la edificación de viviendas, rellenos sanitarios y otras obras de infraestructura urbana, que contribuyen a problemas de inundación (Fragoso y Pereira, 2018). En consecuencia, se puede observar que las zonas de inundación se encuentran distribuidas por toda la ciudad y en su línea de costa (figura 5).

Por su parte, en la ciudad de Cancún, el riesgo de inundación se ha acrecentado por la destrucción antrópica de las barreras naturales que incluyen: vegetación y dunas de arena costeras, crestas naturales, arrecifes y diques; sobre todo en los márgenes del Sistema Lagunar Nichupté La protección natural destruida incrementa el riesgo de cualquier incidencia climática, por remover y cambiar tan velozmente ese tipo de paisaje, lo cual propicia el incremento las inundaciones repentinas.

Aunado a lo anterior, la inundación por marea de tormenta también ha provocado daños en áreas pantanosas y estuarios de la ciudad de Cancún, por la intrusión de agua salada que pone en riesgo la flora y fauna de la zona. Cabe recalcar que las zonas identificadas de pe-

ligro por marea de tormenta están donde se encuentra la mayor parte de la infraestructura turística de la ciudad.

En relación con las zonas de peligro por inundación pluvial en la ciudad de Cancún, es evidente una amplia superficie al noroeste de la ciudad. En estas zonas existen varios asentamientos irregulares, y se encuentra el 23 % de la población de la ciudad, de acuerdo con el programa municipal de desarrollo urbano de Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030 (Gobierno Municipal de Benito Juárez, 2018).

Si bien existe una propuesta de CONAGUA para la determinación de los territorios inundables a nivel nacional, incluido por el CENAPRED dentro del Atlas Nacional de Riesgos (http://atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/visor-capas.html), denominado Atlas Nacional de Riesgo por Inundación (ANRI), no se incluyen los resultados derivados de todos los Atlas de Riesgo Municipales elaborados, donde estos estudios son desarrollados a nivel de ciudad, con un mínimo número de urbes incluidas, por lo que se hace necesario que dentro del marco normativo sobre la gestión del riesgo a nivel nacional se dicten políticas, acciones y alcances, ya no centralizados, sino que se dé a conocer toda la información generada al interior de los Estados, las cuales deben ser la base para una mejor toma de decisiones.

Conclusiones

Es innegable que el cambio climático está elevando la temperatura del planeta y uno de los efectos es el aumento en el nivel del mar. Las modificaciones desencadenan un mayor número y frecuencia de eventos hidrometeorológicos adversos tales como precipitaciones extremas y ciclones tropicales.

Las ciudades costeras de Quintana Roo están asentadas sobre ecosistemas complejos y de alta fragilidad. Esto trae como resultado que la presión sobre los mismos sea cada vez mayor con el crecimiento de las manchas urbanas de estas ciudades que poseen una alta tasa de crecimiento anual.

Si bien se consideran medidas de adaptación y mitigación en los documentos normativos para los asentamientos humanos de ambas ciudades (Programas de Desarrollo Urbano), estas son enunciativas y no trascienden a lineamientos más puntuales como pueden ser los reglamentos de construcción municipales o los planes de atención a emergencias.

Es importante señalar que la metodología presentada no sustituye estudios hidrológicos de mayor detalle, sin embargo, permite evaluar el riesgo de zonas más amplias con relativa facilidad, ya que los insumos y las herramientas están disponibles en línea.

Referencias bibliográficas

Alcocer-Yamanaka, V., Rodríguez-Varela, J., Bourguett-Ortiz, V., Llaguno Guilberto, O., y Albornoz-Góngora, P. (2016). Metodología para la generación de mapas de riesgo por inundación en zonas urbanas. Tecnologia y Ciencias Del Agua, 7(5), 33–55.

Baeza, C., Jiménez, M. y Cruz, V. (2018). Modificación a la metodología para el cálculo de riesgo por marea de tormenta.

Breña, A. (2010). Hidrología Urbana. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, 2010. ISBN 607477269X, 978607477269. 235pp.

CRED. (2017). Pérdidas económicas, pobreza y desastres 1998-2017 (Vol. 7).

Eslava, H., Jiménez, M., Salas, M., García, F., Vázquez, M., Baeza, C. y Mendoza, D. (2006). Elaboración de mapas de riesgo por inundaciones y avenidas súbitas en zonas rurales, con arrastre de sedimentos. En CENAPRED (Ed.), Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos (Primera, p. 453). Ciudad de México.

Fragoso-Servón, P. y Pereira-Corona, A. (2018). Suelos Y Karst, Origen De Inundaciones Y Hundimientos En Chetumal, Quintana Roo, México. European Scientific Journal May 2018 edition Vol.14, No.14 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431. Doi: 10.19044/esj. 2018.v14n14p33

Gobierno Municipal de Benito Juárez. (2018). Programa municipal de desarrollo urbano de Benito Juárez, Quintana Roo 2018 -2030. IMPLAN (pp. 1–175).

Hernández, M.L, Carreño, M.L y Castillo, L. (2018), Methodologies and tools of Risk Management: Hurricane Risk Index (HRi), International Journal of Disaster Risk Reduction, https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.08.006.

http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/37.pdf

IPCC. (2014). Cambio climático 2014: Informe de Síntesis. In Contribución de los Grupos de trabajo I,II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

Powell, M., y Reinhold, T. (2007). Tropical cyclone destructive potential by integrated kinetic energy. American Meteorological Society, 513–526(Abril).

Rey, W., Mendoza, E., Salles, P., Zhang, K., Teng, Y.-C., Trejo-Rangel, M., Franklin, G. (2019). Hurricane flood risk assessment for the Yucatan and Campeche State coastal area. Nat. Hazards 2019, 96, 1041–1065

Rosengaus, M., Jiménez, M., y Vázquez, M. (2002). Atlas Climatológico de Ciclones Tropicales en México. Consultado en:

Salas, M. (2014). Metodología para la elaboración de mapas de riesgos por inundación en zonas urbanas. Ciudad de México: CENAPRED.

Salas, M. y Jiménez, M. (2007). Fascículos Inundaciones. Ciudad de México, México. Editado por la SEGOB. CENAPRED 2007. 53 páginas.

SCT. (2015). Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Isoyetas de intensidad - duración - periodo de retorno para la República Mexicana. Recuperado de http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/isoyetas/ UQROO-CIG. (2018). Atlas Municipal de Benito Juárez 2018. Universidad de Quintana Roo. Centro de Información Geográfica. Chetumal, Quintana Roo. México.

United States Army Corps of Engineers USACE, 2000. Hydrologic Modeling System (HEC-HMS): Technical Reference Manual, Hydrologic Engineering Center, Davis, CA.

HUELLA ECOLÓGICA TURÍSTICA COMO INDICADOR DE SUSTENTABILIDAD EN ZONA COSTERA DE SAN BLAS, MÉXICO

CITLALY LIZBETH GARCIA-NUÑEZ, SUSANA MARCELEÑO-FLORES,
OYOLSI NÁJERA-GONZÁLEZ, REBECA HARO-MOTA

CAPÍTULO 6



Huella ecológica turística como indicador de sustentabilidad en zona costera de San Blas, México

Citlaly Lizbeth Garcia Nuñez, Susana Marceleño Flores, Oyolsi Nájera González y Rebeca De Haro Mota
Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit. susana.marceleno@uan.edu.mx

Introducción

La Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Brundtland, 1987) señala: «Está en manos de la humanidad hacer que el desarrollo sea sostenible, es decir, asegurar que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias. El concepto de desarrollo sostenible implica límites, no límites absolutos, sino limitaciones que imponen a los recursos del medio ambiente el estado actual de la tecnología y de la organización social y la capacidad de la biósfera de absorber los efectos de las actividades humanas, pero tanto la tecnología como la organización social pueden ser ordenadas y mejoradas de manera que abran el camino a una nueva era de crecimiento económico». Se sostiene que para el crecimiento económico es necesaria la conservación ambiental, para reconocer así, los límites de la biosfera. Otra definición de desarrollo sostenible es «mejorar la calidad de la vida humana sin rebasar la capacidad de carga de los ecosistemas que la sustentan» (IUCN, PNUMA y WWF, 1991).

A partir de los planteamientos anteriores se observa que, para determinar el nivel de desarrollo sustentable en una zona o región, es necesario contar con indicadores ambientales que estén vinculados a las actividades humanas; es decir, indicadores que integren el ámbito social, económico y ambiental.

La huella ecológica (HE) es un indicador medioambiental que se relaciona con el uso de recursos. Permite medir el impacto de un determinado comportamiento o forma de vida sobre la capacidad del planeta. Su principal objetivo es conocer y evaluar el grado de sustentabilidad de los recursos del planeta frente a la demanda de recursos naturales.

Constituye, además, un instrumento para evaluar el desarrollo sostenible de forma comprensible (Gössling et al., 2002) y se ha propuesto en estudios de desarrollo de turismo sustentable (Hunter & Shaw, 2007; Castellani y Sala, 2012). El cálculo de la HE del turismo ha sido utilizado teniendo en cuenta las tierras bioproductivas, construidas y de energía fósil (Gössling et al, 2002).

El origen del concepto HE se encuentra en los estudios realizados por Wackernagel & Rees (1996, p. 513), definido como «el área de territorio productivo (cultivos, pastos, bosques o ecosistema acuático) necesario para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población definida con un nivel de vida específico indefinidamente, donde sea que se encuentre esta área». Este concepto expresa la carga que la población puede imponer al ambiente. Se considera que en el área donde se hace la estimación no entran ni salen insumos ni desechos (Pérez, De Marco y Álvarez, 2015). Es por ello que la huella ecológica pudiera ser mayor a la disponibilidad del área, debido a que, en la realidad, sí ingresan insumos al área o, por el contrario, pudiera ser menor. Para saberlo, se debe conocer la necesidad de la capacidad biológica (Biocapacidad) de ese territorio.

La Biocapacidad (BC), que se refiere a la capacidad de un área específica biológicamente productiva de generar recursos suficientes y de absorber los desechos resultantes, es la superficie de tierra disponible para un determinado nivel de producción, que al igual que la HE se expresa en unidades de hectáreas globales (Ewing et al., 2009). De ahí que, la Biocapacidad es la suma de las áreas reales de las que dispone un territorio de cada tipo de tierra productiva, incluidas las tierras cultivables, pastizales, bosques, áreas marinas, áreas de infraestructura y áreas para absorber dióxido de carbono.

Si la huella ecológica de un área es menor que su Biocapacidad, el impacto de las actividades en esa área no excede la capacidad del sistema y puede decirse que es una zona propicia para un desarrollo sostenible (Liu, 2019). Caso contrario, si la huella ecológica de un área supera su Biocapacidad significa, entonces, que el ambiente no tiene la capacidad de regenerarse ni de eliminar los desechos generados por las actividades humanas.

La diferencia entre la BC y la HE puede dar un excedente de recursos (BC-HE>0) o un déficit ecológico (BC-HE<0) (Acuña, 2008). El déficit ecológico será la diferencia resultante de la oferta de espacios productivos del territorio (Biocapacidad) y la demanda de superficies productivas (HE).

Para el cálculo de la Biocapacidad -disponibilidad de recursos- se requiere conocer la extensión de las tierras en producción y las que aún están desocupadas con su rendimiento por unidad de área (Tobasura, 2008). En el mundo, cada persona dispone de 2.0 hectáreas (ha) de terreno al año, distribuidas del siguiente modo: 0.25 ha de cultivos, 0.6 ha de pastos, 0.6 de bosques, 0.03 de terreno construido y 0.5 ha de mar. Se descontó el 12 % necesario para la conservación de la biodiversidad, por lo cual se obtuvo 1.7 ha/cap/año (Doménech, 2007)

Durante más de 40 años, la presión de la humanidad sobre la naturaleza ha excedido lo que el planeta puede reponer, se necesitaría la capacidad regenerativa de 1.5 nuestro planeta para brindar los servicios ecológicos que se usan cada año. El exceso ecológico es posible, por ahora, porque podemos talar árboles a mayor velocidad del tiempo que requieren para madurar, pescar más peces de lo que los océanos pueden reponer o emitir más carbono a la atmósfera del que los bosques y océanos pueden absorber. Las consecuencias son una reducción de la cantidad de recursos y la acumulación de desechos a tasas mayores de las que se pueden absorber o reciclar, así como las crecientes concentraciones de carbono en la atmósfera (World Wildlife Fund, 2014).

En Nayarit existen algunas estimaciones que permiten establecer las presiones que ejerce la sociedad sobre el medio ambiente. Un primer caso es la cuenca del río Mololoa, en Nayarit, con HE de 0.10 ha por persona de terreno para el consumo de alimentos, vivienda e infraestructura (Marceleño et al., 2014). Otro caso es Tepic, Nayarit, con una HE estimada de 0.47 gha/per cápita para el año 2005 y de 0.59 gha/per cápita para el año 2012, en las cuales ninguna rebasó su Biocapacidad (Marceleño et al., 2014).

Existe un estudio comparativo previo de estimación de HE en una fracción de la zona costera de San Blas, donde se contrastan dos períodos: 2002-2005 y 2007-2010. Abarca siete localidades: San Blas, Santa Cruz, Aticama, Bahía de Matanchén, Matanchén (La Aguada), Playa de los Cocos y La Manzanilla. En esta investigación para el primer período 2002–2005 se obtuvo una HE de 0.62 gha/per cápita y de 2007–2010 de 0.63 gha/per cápita (Ramos, 2015).

En las últimas décadas, las actividades humanas se han convertido en el principal desencadenador de la transformación de los ecosistemas, modificándolos o destruyéndolos con el desarrollo de actividades económicas (Bassols, 1993). En el caso particular de las zonas costeras, los cambios de cobertura y el uso del suelo han inducido la pérdida directa entre 35 % y 50 % de los humedales costeros del planeta. Son fuente del 70 % de los contaminan-

tes del medio marino, particularmente fertilizantes, plaguicidas, metales pesados, hidrocarburos y aguas negras (Halpern, et al., 2008).

Debido a la construcción de la autopista que ha dotado de infraestructura al malecón de Matanchén, sobre la línea costera de San Blas, se ha presentado un crecimiento urbano turístico (Fayos-Sola y Jafari, 2009) que ha incrementado el turismo de sol y playa.

El turismo puede convertirse en uno de los principales pilares de la economía nacional. Facilita el empleo, optimiza la estructura de producción, amplía la participación en el mercado y desarrolla la economía del país; ofrece así una garantía sólida para la mejora de la calidad de vida de las personas. Los beneficios más intuitivos provocados por el turismo están relacionados con la economía del destino turístico, lo cual mejora la fortaleza económica e integral de una región.

La huella ecológica de un área está determinada por su población, por el consumo del ciudadano promedio y por la intensidad en el uso de recursos para proveer los bienes y servicios consumidos (World Wildlife Fund, 2006). Pero en los destinos turísticos no solo la población local usa los recursos disponibles, sino también el visitante. Esta actividad incrementa la presión sobre el ambiente, ya que los visitantes consumen recursos, algunas veces superiores a los que utiliza la población local. Wackernagel y Yount (2000) estimaron que la huella ecológica turística internacional era un 10 % mayor a la huella planetaria.

La actividad turística es una de las industrias más grandes del mundo y es considerada como un importante impulsor del crecimiento económico. Es de suma importancia comprender las demandas ejercidas sobre los recursos naturales (Dagostino et al., 2008); más importante aún es conocer la capacidad del territorio para ofertar esos recursos y valorar si el nivel de consumo debido a esta actividad es sostenible en determinada zona o región.

La presión que ejerce la actividad turística sobre el ambiente ha sido abordada desde diversas perspectivas. Lui (2019) analiza la HE turística y la Biocapacidad en la provincia Sichuán, China, y concluye que el número excesivo de turista causa déficit ecológico. Fernández y Díaz (2011) estudiaron la presión socioambiental de las islas Canarias como destino turístico a través del cálculo de la HE, indicadores de presión y densidad turística. Encontraron déficit ecológico debido a la alta HE y Biocapacidad reducidas. De hecho, la HE turística se ha propuesto como medida de planeación para el desarrollo de este tipo de destinos. Liu

(2919) hace un estudio de la HE turística y señala una serie de propuestas para lograr un desarrollo racional y prevenir su incremento.

Asimismo, Everitt et al. (2008) calcularon la HE de distintos grupos en los municipios de Puerto Vallarta y Bahía de Banderas. Los turistas nacionales resultaron con una huella tres veces superior a los residentes locales, mientras que los turistas extranjeros superaron cinco veces a los locales.

Por su parte, Dagostino et al., (2008) hicieron un contraste de la HE en la zona rural y zona urbana del municipio de Puerto Vallarta, considerando la actividad turística que se realiza en el lugar. Reportaron que, en promedio, tanto las áreas rurales como las urbanas se encuentran por encima a 2.51 ha/per de la Biocapacidad global, considerada de 1.8 ha/per, además la zona urbana resultó con mayor HE que la zona rural. En conclusión, reconocieron la zona de estudio no sustentable.

Si bien el turismo es importante para el progreso de los lugares que han encontrado en esta actividad una fuente de desarrollo económico, también es imperioso conservar de forma sustentable los recursos de los que se disponen. Para ello es necesario evaluar y medir la sustentabilidad del turismo desde su dimensión ambiental, planteada a partir de su realidad social y económica.

El objetivo general de este estudio fue determinar la sustentabilidad de la zona costera de San Blas, comparando la huella ecológica turística y la Biocapacidad disponible en el área de estudio en los años 2007-2014.

Materiales y métodos

La investigación es parte de los resultados obtenidos de un proyecto denominado «Evaluación de los servicios ecosistémicos de la zona costera del municipio de San Blas, Nayarit». El área de estudio cuenta con una superficie de 4119.07 ha, constituida por nueve ejidos. Colinda al norte con el ejido Playa Las Islitas y al sur con Santa Cruz de Miramar (Figura 6.1). En las coordenadas extremas X 482000 Y 236900 - X 472000 Y 238400.

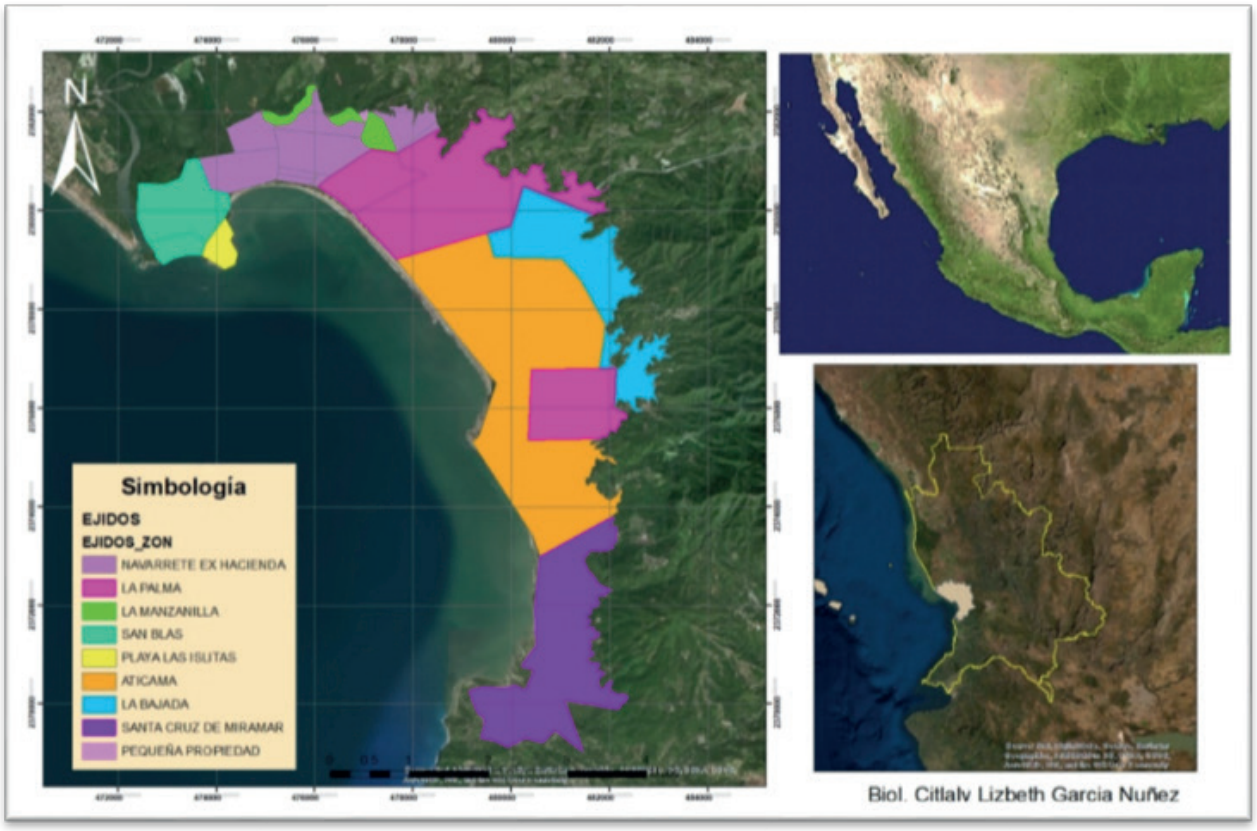


Figura 6.1. Zonas de inundación pluvial y por marea de tormenta para las ciudades de Chetumal (A) y Cancún (B).
Fuente: elaboración propia con información de INEGI

Estimación de cobertura

Se recabaron dos series de vegetación y uso de suelo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), las cuales pertenecen a los años 2007 y 2014. Se usó un poligonal del área de estudio tomado del proyecto «Evaluación de los servicios ecosistémicos de la zona costera del municipio de San Blas, Nayarit». Se empleó la capa de ejidos de San Blas, la cual se tomó del Registro Agrario Nacional (RAN). Todo fue digitalizado para poder utilizarlo en un Sistema de Información Geográfica (SIG), se delimitó el área con las herramientas del SIG y se recortaron las capas. Luego, se calculó la superficie perteneciente a cada serie, para lo cual se construyó una matriz de confusión. Ello permitió la identificación de los cambios en la zona, observándose las clases de cobertura, así como su cambio a través del tiempo. Se crearon tablas de comparación entre series, de las cuales se estableció la tasa de cambio de cobertura anual.

Para el análisis y cuantificación de los cambios de cobertura y usos del suelo se utilizó la ecuación propuesta por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en 1996 (Ruíz et al., 2013), calculándose así la tasa de cambio anual (TCA):

$$Tasa = \left[\frac{s1}{s2} \right] - 1$$

donde:

s_2 = superficie en la fecha 2, s1=superficie en la fecha 1, n=es el número de años entre las dos fechas.

Metodología del cálculo de la huella ecológica turística (HE turística)

Se realizó una adaptación de la metodología original del indicador HE propuesta por Wackernagel y Rees en 1996, basada en la estimación de la superficie necesaria para satisfacer los consumos asociados a la alimentación, productos forestales y a la ocupación directa del terreno para el consumo de un número limitado de productos. En esta adaptación, a diferencia de la metodología original, se consideró a la población residente y a la población flotante (turística) por temporadas para encontrar la superficie asociada a las entradas energéticas de la región a considerar. Por lo tanto, se calcularon las hectáreas per cápita necesarias para estos. Los cálculos se realizaron a partir de datos de consumos anuales y de datos de productividad del terreno. La HE turística per cápita total resultó de sumar todas las hectáreas per cápita calculadas y la división entre la suma de la población residente y la población turística, las cuales se tradujeron en áreas biológicamente productivas (hectáreas).

Para el cálculo del consumo de bienes por habitante se utilizaron datos del INEGI. La información sobre la población turística se obtuvo de la Secretaría de Turismo del estado de Nayarit.

La fórmula empleada en la estimación de la HE fue:

$$HE = \frac{consumo}{productividad}\ x\ factor\ de\ equivalencia$$

donde:

$Consumo$ = Producción + Importaciones – Exportaciones.

Para el cálculo de la HE, en primer lugar, se estimó el consumo anual promedio de una persona (de los bienes de consumo), dividiendo el consumo total por el tamaño de la población. El siguiente paso fue valorar la superficie necesaria para la producción de cada artículo de consumo importante.

Posteriormente, se consideró la superficie de tierra apropiada por habitante (área necesaria o área apropiada, aai) para la producción de cada uno de los principales artículos de consumo (i). Esto resultó de dividir el consumo promedio anual de este producto (ci) según lo que se calculó anteriormente por su productividad media anual (pi) o su rendimiento:

$$aai = ci/pi$$

Se calculó la huella ecológica total de la persona promedio, es decir, la huella per cápita por la suma de todas las áreas del ecosistema que se necesitaron (aai) por artículos comprados en su cesta de compra anual de consumo de bienes y servicios.

$$HE = \sum (i = 1ton) = aai$$

Finalmente se obtuvo la huella ecológica (HE) de la población estudiada al multiplicar el promedio de huella per cápita por tamaño de la población (N).

Una vez precisada la HE se aplicó el factor de equivalencia (media mundial) utilizado para estandarizar los resultados. La finalidad de la conversión es comparar la HE estimada con la HE mundial y la de otros países.

Cambios de cobertura vegetal y de uso del suelo

Los cambios de cobertura vegetal y de uso del suelo son, en mayor medida, consecuencias de las interacciones de las actividades humanas con el medio natural. La evaluación oportuna y precisa de los patrones de ese cambio permite conocer el impacto de las actividades económicas y de desarrollo sobre el territorio y sus recursos. Es, además, el indicador am-

biental más claro para identificar problemas relativos a la sustentabilidad en el uso de los bienes y servicios ecosistémicos (Berberoglu y Akin, 2009).

Los resultados analíticos de los cambios de cobertura y uso de suelo en la zona costera de San Blas, Nayarit en los años 2007 y 2014 muestran un mosaico compuesto por cuatro grandes grupos de cobertura: seis grupos y siete subgrupos (Tabla 6.1), los cuales presentan cambios (pérdidas y ganancias).

Tabla 6.1. Jerarquización de coberturas y uso de suelo de la zona costera de San Blas, Nayarit 2007 – 2014

Gran grupo	Grupo	Sub grupo	2007 Superficies (ha)	2014 Superficies (ha)
Tierras de cultivo	Agricultura de temporal	Anual y permanente	410.09	410.33
		Anual y semipermanente	181.13	181.13
		Semipermanente y permanente	1871.68	1874.44
Vegetación natural	Popal		429.89	431.78
	Manglar	Subperennifolia	225.79	227.47
	Selva mediana		5.14	3.82
Vegetación secundaria	Vegetación secundaria	Subperennifolia	167.09	491.96
	Arbórea de selva mediana		102.18	103.94
	Vegetación secundaria	07.92		
	Arbustiva de selva mediana			
Infraestructura	Zona urbana		379.76	385.16
		Total	4 119.07	4 119.07

Fuente: elaboración propia en base a mapas de Uso de Suelo y Vegetación Series IV (2007) y VI (2014) INEGI

Los cambios ocurridos en las coberturas pueden ser interpretados como parte de la dinámica general del terreno. Estas coberturas se clasificaron en grandes grupos, dentro de los tres primeros lugares en ocupación de área por orden descendiente se encuentran: «tierras

de cultivo», el cual representa un 59.75 % del total del área en 2007 y el 59.86 % en 2014. Luego, se identifica la «vegetación natural» que constituye el 16.04 % del total de superficie registrada en 2007 y el 16.09 % en 2014. Por último, se encuentra la «vegetación secundaria», el cual constituye el 14.83 % de la superficie de la zona en 2007 y 14.72 % en 2014 (Tabla 6.2).

Tabla 6.2. Diferencia de cambio de cobertura y ocupación del terreno 2007 – 2014

Tipo de cobertura	2007 (ha)	%	2014 (ha)	%	Cambio de cobertura (ha)	%
Tierras de cultivo	2461.17	59.75	2465.91	59.86	4.74	0.11
Vegetación natural	660.83	16.04	663.09	16.09	2.26	0.05
Vegetación secundaria	611.41	14.83	606.69	14.72	7.72	0.18
Superficie construida (Infraestructura)	361.00	8.76	385.16	9.35	24.16	0.58
Total disponible	4 119.07		4 119.07		38.88	
Aumento de cobertura Disminución de cobertura						

Fuente: elaboración propia en base a mapas de Uso de Suelo y Vegetación Series IV (2007) y VI (2014) de INEGI

El análisis de cambio de cobertura y uso del suelo en la zona costera de San Blas, Nayarit (Tabla 6.3) hace evidente que la mayor presión se ha ejercido sobre el gran grupo «vegetación secundaria», la cual disminuyó 7.72 ha. No presentó un incremento en su superficie sino todo lo contrario, perdió espacio transformándose principalmente en agricultura. Otra de las coberturas donde ha surgido una fuerte presión es la «vegetación natural», transformándose, principalmente, en agricultura y asentamientos humanos (superficie construida).

Gutiérrez de MacGregor y González Sánchez (1999) analizaron el crecimiento urbano registrado en las costas mexicanas en el período de 1900-1995, en el cual los movimientos migratorios internos jugaron un papel destacado en la distribución espacial de la población urbana actual.

Herrera (2019) realizó un análisis de la Tasa de cambio de cobertura y uso del suelo anual en el municipio de San Blas, en los períodos 2002-2014 y 2014-2026, donde también se predijo un escenario de cambio de cobertura para el año 2026, en el cual los grandes grupos denominados «vegetación natural y vegetación secundaria» perderán entre el 16 y 18 % del total de su superficie equivalente a 2 864 ha, transformándose en asentamientos humanos.

Tabla 6.3. Cambios de cobertura 2007 – 2014 de la zona costera del municipio de San Blas, Nayarit

Coberturas 2007	Hectáreas	% del área	Coberturas 2014	% del área
Tierras de cultivo	2 461.17	59.75	Tierras de cultivo	58
			Superficie construida	0.46
			Vegetación secundaria	0.44
			Vegetación natural	0.40
			Cuerpos de agua	0.03
Vegetación natural	660.83	16.04	Vegetación natural	15.40
			Tierras de cultivo	0.40
			Superficie construida	0.08
			Vegetación secundaria	0.05
Vegetación secundaria	611.41	14.84	Vegetación secundaria	14.01
			Tierras de cultivo	0.69
			Vegetación natural	0.08
			Superficie construida	0.03
Superficie construida	363.57	8.82	Superficie construida	9.95
			Vegetación secundaria	0.10
			Tierras de cultivo	0.18
			Vegetación natural	0.10
Total, de la superficie 4 119.07 ha				

Fuente: elaboración propia en base a cartas de Uso de Suelo y Vegetación Series IV (2007) y VI (2014) INEGI

Como resultado se obtuvo que la dinámica de cambio de cobertura y uso del suelo es constante. Lo mismo sucede con la dinámica de cambio de cobertura obtenida en la zona costera de San Blas (tabla 2), donde los grandes grupos denominados «vegetación secundaria» y «vegetación natural» han disminuido (tabla 3), transformándose principalmente en zonas de cultivo y zonas de construcción urbana.

De manera particular, se reconoce que el desarrollo de la zona costera necesariamente implica la trasformación de la cobertura natural, sin embargo, tiene diferente costo ecológico perder un tipo de vegetación que otro. Esto sucede porque, además de la pérdida de biodiversidad asociada en algunos casos, perder vegetación pone en mayor riesgo a los habitantes de la costa; pues aumenta el riesgo de inundaciones, disminuye los mantos acuíferos debido a la gran demanda, se erosionan las playas, entre otras razones.

Huella ecológica turística

En la Tabla 6.4, se presenta la comparación de la HE turística con la Biocapacidad disponible para México. La HE turística para el año 2007 fue de 0.94 gha/per cápita, lo cual amenazó la Biocapacidad y el crédito ecológico disponible para el territorio. En el año 2014 el panorama de la zona costera fue distinto, la HE turística sobrepasó la Biocapacidad disponible, ya que representó 1.75 gha/ per cápita.

Tabla 6.4. Comparación de la HE turística 2007-2014 con la Biocapacidad disponible para México

Tipo de superficie	Huella ecológica turística (gha/per cápita) 2007	Biocapacidad	Huella ecológica turística (gha/ per cápita) 2014
Superficie construida	0.11	0.50	0.17
Vegetación natural	0.10	0.27	0.22
Tierras de cultivo	0.64	0.50	1.10
Vegetación secundaria	0.08	0.06	0.20
Mar productivo	0.01	0.27	0.02
Total, disponible	0.95	1.6	1.72

Fuente: elaboración propia con datos tomados de la Biocapacidad de México de Ewing, 2008

Se muestra (Tabla 6.5) el balance ecológico de ambos años, en el 2007 se consideró que en la zona costera de San Blas se tenía un superávit de 0.39 gha/per cápita. Por el contrario, en el 2014 se obtuvo un déficit ecológico de -0.12 gha/per cápita que sobrepasó la Biocapacidad disponible. Se elevó, así, el costo ecológico y puso en riesgo el capital natural de la zona. A partir de estos resultados se interpreta que la zona costera de San Blas no tiene la capacidad de regenerarse ni de eliminar los desechos generados por las actividades humanas, pues la huella ecológica turística supera su Biocapacidad. Entonces, según los resultados, el desarrollo de actividades turísticas en dicha zona no es sustentable.

Tabla 6.5. Balance ecológico

Superficies	2007 gha/per cápita	2014 gha/per cápita
Biocapacidad disponible	1.60	1.60
Huella ecológica global	0.95	1.72
Autosuficiencia/ superávit	0.65	-0.12

Fuente: elaboración propia

Se realizó un estudio similar en la costa norte del estado de Jalisco con un área de 69,397.80 ha, donde se obtuvo una HE turística de 2.8 gha/per cápita, por lo cual presentó una deuda ecológica de 1.29 gha/per cápita. Con ello se deduce que la costa norte de Jalisco presenta un gran déficit ecológico (Dagostino et al., 2008).

A diferencia de la costa norte de Jalisco, en la zona costera de San Blas (4,119.17 ha, en el año 2007) la HE turística fue de 0.94 gha/per cápita, esto sin rebasar la Biocapacidad disponible para México. Por el contrario, en el año 2014, la HE turística fue de 1.72 gha/per cápita lo que excede la Biocapacidad disponible para México y crea una deuda y un déficit ecológico al capital natural de -0.12 gha/per cápita (tabla 5).

En siete años la HE turística de la zona costera de San Blas se incrementó casi el doble, lo cual constituye un comportamiento normal debido a la inflación turística. Everitt et al. (2008) utilizaron el cuestionario de *Redefining Progress* con el cual calcularon la HE de distintos grupos incluidos los turistas nacionales e internacionales en Puerto Vallarta. La HE turística fue tres veces mayor que la HE de la población residente. Esto supone que, si incrementa la actividad turística en alguna zona, aumenta la presión por los recursos y disminuye la sustentabilidad.

Si se retoma que el indicador HE establece la presión humana por la demanda de recursos y que la Biocapacidad de la zona de estudio se ve rebasada derivando en un déficit ecológico, entonces, esto significa que en la zona de estudio se ha excedido la capacidad para regenerarse y absorber los desechos generados por los locales y sus visitantes, por tanto, la actividad turística como se ha desarrollado no es sustentable. Una de las principales contribuciones de la HE a la actividad turística es la posibilidad de formular eventos en términos de la disponibilidad ecológica, conservando la integridad funcional de los ecosistemas.

Conclusiones

Los resultados obtenidos exponen una creciente presión ambiental derivada de la actividad turística en la zona costera de San Blas, México, debido al déficit ecológico y producido por una HE superior a la capacidad de carga del ecosistema.

Al comparar la HE turística de la zona costera del municipio de San Blas, Nayarit con los diferentes estudios que se han realizado, tanto en el estado como a nivel mundial y bajo

la misma metodología, la zona no es sostenible al incremento de población flotante. Con la evidencia de que la actividad turística genera presiones ambientales, se precisa que en respuesta se propongan políticas específicas en el tema de planificación turística, territorial y ambiental.

Quizás una opción a la práctica actual (turismo de masas) en la zona de estudio pudiera ser la experiencia de turismo alternativo, donde se debe mejorar la calidad de vida de los habitantes locales, salvaguardando el patrimonio natural y cultural actual. Pero para implementar un turismo así, habría que considerar si es rentable desde el punto de vista ambiental, económico y social. Se recomienda realizar e implementar estrategias públicas para el ordenamiento ecológico de la población y generar un plan de desarrollo urbano turístico.

Referencias bibliográficas

Acuña, I. T. (2008). Huella ecológica y biocapacidad: indicadores biofísicos para la gestión ambiental. El caso de Manizales, Colombia. Revista Luna Azul, (26), 119-136.

Bassols B.Á. (1993). Geografía económica de México. Teoría, Fenómenos Generales, Análisis Regional, Trillas, México.

Berberoglu, S. y A. Akin (2009), "Assessing different remote sensing techniques to detect land use/cover changes in the eastern Mediterranean", International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, no. 11, pp. 46–53.

Brundtland, G. H. (1987). Informe de la Comisión Mundial sobre el medio ambiente y el desarrollo: Nuestro futuro común. Documentos de Las Naciones, Recolección de Un, 416.

Castellani, V., & Sala, S. (2012). Ecological Footprint and Life Cycle Assessment in the sustainability assessment of tourism activities. Ecological indicators, 16, 135-147.

Dagostino, R. M. C., Lemus, J. L. C., Romo, E. A., Sánchez, R. E., Massam, B. 0H. y Everitt, J. (2008). Huellas ecológicas y sustentabilidad en la costa norte de Jalisco, México. Teoría y Praxis, (5), 137-144.

Doménech, J. (2007). Huella ecológica y desarrollo sostenible. Madrid: AENOR Ediciones.

Everitt, J., Massam, B. H., Chávez Dagostino, R. M., Sánchez, R. E., y Romo, E. A. (2008). The imprints of tourism on puerto vallarta, jalisco, mexico. The Canadian Geographer/Le Géographe canadien, 52(1), 83-104.

Ewing, B., A. Reed, A. Galli, J. Kitzes, and M. Wackernagel. (2009). Calculation Methodology for the 2009 National Footprint Accounts. Oakland: Global Footprint Network.

Fayos-Sola, E., Jafari, J., Fayos-Sola, E. y J. Jafari (2009.). Cambio climático y Turismo: realidad y ficción, España: Universitat de Valencia-Organización Mundial del Turismo, pp. 20-29.

Fernández-Latorre, F. M. F. y Díaz-Del Olmo, F. D. (2011). Huella ecológica y presión turística socio-ambiental: aplicación en Canarias. BAGE: Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, (57), 147-174.

Gössling, S., Hansson, C. B., Hörstmeier, O., y Saggel, S. (2002). Ecological footprint analysis as a tool to assess tourism sustainability. Ecological economics, 43(2-3), 199-211.
Gutiérrez de MacGregor, M. T. y J. González Sánchez. 1999. Las costas mexicanas y su crecimiento urbano. Investigaciones Geográficas 40:110-126.
Halpern, BS, Walbridge, S., Selkoe, KA, Kappel, CV, Micheli, F., D'agrosa, C., y Fujita, R. (2008). Un mapa global del impacto humano en los ecosistemas marinos. Science, 319 (5865), 948-952.
Herrera, R. J. (2019). Vulnerabilidad de la aptitud agrícola del municipio de San Blas, Nayarit, México [Manuscrito no publicado]. Universidad autónoma de Nayarit.
Hunter, C., & Shaw, J. (2007). The ecological footprint as a key indicator of sustainable tourism. Tourism management, 28(1), 46-57.
IUCN, PNUMA, y WWF. (1991). Cuidar la Tierra: Estrategia para el futuro de la vida. Unión Internacional para la Naturaleza, PNUMA y WWF, Gland.
Liu, P. (2019). Investigación sobre la huella ecológica del turismo: el caso de Langzhong en China. Observatorio Medioambiental, (22), 245-264.
Marceleño, F., Ruíz, Y., De Haro, R., y Flores, F. (2014). Huella Ecológica de la Cuenca del Rio Mololoa, 2010. En Huella ecológica y biocapacidad: Indicadores de Sustentabilidad (1.a ed., Vol. 1, pp. 181–188). Universidad Autónoma de Nayarit.
Pérez Neira, D., De Marco Larrauri, O. y Álvarez Muñoz, P. (2015). La huella ecológica de las naciones. Reflexiones globales, particularidades ecuatorianas. Revista Ciencia UNEMI, 8(14), 93-103.
Ramos, R. K. (2015). Potencial y Desarrollo Turístico de la Costa del Municipio de San Blas como Base para el Desarrollo Local [Manuscrito no publicado]. Universidad Autónoma de Nayarit.
Ruíz, V., Savé, R. & Herrera, A. (2013). Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflor Moropotente Nicaragua, 1993-2011. Ecosistemas 22 (3):117-123.
Tobasura A, I. (2008). Huella ecológica y biocapacidad: indicadores biofísicos para la gestión ambiental. El caso de Manizales, Colombia. (26), 119-136. Manizales: Universidad de Caldas.
Wackernagel, M. & Rees, W. (1996). La huella ecológica: un indicador de progreso hacia la sostenibilidad regional. Monitoreo y evaluación ambiental, 51 (1-2), 511-529.
Wackernagel, M. &. Yount J.D (2000). "Footprints for sustainability: the next steps". Environment, Development and Sustainability, 2, 21-42
World Wildlife Fund (WWF). (2006). Informe Planeta Vivo. Colombia: WWF. Recuperado de https://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/lpr_2006_spanish.pdf [Fecha de consulta: 18 de septiembre de 2019].
World Wildlife Fund (WWF). (2014). Informe Planeta Vivo. Colombia: WWF. Recuperado de: https://www.footprintnetwork.org/content/images/article_uploads/Informe-PlanetaVivo2014_LowRES.pdf. [Fecha de consulta: 23 de septiembre de 2019].

TERRITORIO Y APROVECHAMIENTO TURÍSTICO EN COMUNIDADES COSTERAS,EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE SIAN KA´AN (MÉXICO)

LUCINDA ARROYO-ARCOS, JULISA GUADALUPE CABRERA-BORRAZ

CAPÍTULO 7



Territorio y aprovechamiento turístico en comunidades costeras en la zona de influencia de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka´an, México

Lucinda Arroyo Arcos[1] *y Julisa Guadalupe Cabrera Borraz*[2]
[1] Departamento de Estudios Sociales y empresariales, División de Desarrollo Sustentable, Unidad Académica Cozumel, Universidad de Quintana Roo, México.
[2] División de Desarrollo Sustentable, Unidad Académica Cozumel, Universidad de Quintana Roo, México.
larroyo@uqroo.edu.mx

Introducción

El territorio no se considera únicamente como objeto de estudio de los procesos históricos asociados al ser humano, aunque se den en la zona terrestre y pasen a conformar el espacio geográfico (Arroyo y Frausto, 2020). También es entendido como un sistema holístico, en el que los individuos generan prácticas sociales y simbólicas y mantienen una relación e interdependencia con la naturaleza y otros factores tales como el turismo, los avances tecnológicos, económicos, la cultura, los acuerdos políticos, el desarrollo del conocimiento, entre otros. Esta imbricación permite la explicación y análisis de las prácticas espaciales, de la estructura social, de patrones y procesos en todas sus escalas geográficas (Harvey, 1992; Haesbaert, 2011; Llanos, 2010; Moreno, 2010).

Para Santos (1990, 1996) el territorio es un conjunto de objetos y acciones que interactúan al interior de la estructura social (población, componentes físicos y técnicos) y funciona con: a) normas jurídicas que regulan la apropiación, uso y conservación de los recursos; b) las formas técnicas que incluyen todo lo construido por el hombre y c) las formas simbólicas que contienen los elementos intangibles del paisaje. Según Sosa (2019), el territorio se estructura y organiza por patrones de asentamientos y productividad de una población, así como de la movilidad que incluye la inmigración y migración. Estos elementos, según el autor antes citado, influyen en la distribución espacial e inciden en la valoración, construcción, apropiación y transformación del espacio.

Ramírez y López (2015) mencionan que el territorio está sujeto a elementos de posesión, gestión, soberanía, explotación y aprovechamiento. Por lo tanto, un asentamiento poblacional está compuesto por una estructura integrada por un sistema vial, espacios verdes, tejido urbano y equipamientos, entre otros (Munizaga, 2000). Por otra parte, existen grupos, formas colectivas de vida y de actividad que se acoplan a determinadas disposiciones y contextos que conforman las prácticas sociales (Lahire, 2019).

Investigaciones sobre territorio, turismo y Áreas Naturales Protegidas (ANP) destacan la importancia de realizar actividades turísticas en esquemas o modelos de bajo impacto, compatibles con la gestión del área natural e inserción de las comunidades (Dilschneider, 2016; Iradi, 2014; López, 2015; Miranda y Alvarado, 2017; Vicencio y Bringas, 2014). Se entiende como ANP, dentro del marco de jurisdicción ambiental, como aquellas zonas naturales de importancia biológica y cultural, que no han sido alteradas por actividades antropogénicas y requieren ser preservadas y restauradas bajo un decreto presidencial (Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2012).

Bajo esta premisa, se han propuesto modelos para que exista compatibilidad entre el turismo y el aprovechamiento sustentable en ANP (Arroyo et al., 2018; Segrado, et al., 2015). Sin embargo, se pone en duda la factibilidad de modificar estos sitios naturales para uso turístico, pues existe la posibilidad de que, al asociar beneficios económicos, se atente contra la preservación del área (Briassoulis, 2002).

De acuerdo con la LGEEPA (2012), las ANP se clasifican en nueve categorías con la descripción de sus características y objetivos de decreto. Para el caso de la categoría de Reserva de la Biosfera, esta incluye un modelo de aprovechamiento del ANP reconocido a nivel mundial (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*, 2004), que permite el asentamiento de una población en su interior y, al mismo tiempo, adquiere el compromiso de conservar la diversidad biológica y cultural del área (Rodríguez y Bracamontes, 2008).

Para apoyar la gestión y conservación de la biodiversidad de las ANP, así como el aprovechamiento turístico sustentable, la Comisión Nacional de Áreas Protegidas, aporta recursos para el desarrollo de estudios sobre límites de cambio aceptable y capacidad de carga, la información recabada apoya a los gestores en la toma de decisiones, a la vez que se promueve la regulación de las diversas actividades, así como los flujos al interior de estas zonas.

Según Aguilar et al. (2012), los recursos naturales adquieren un valor agregado al ser vendidos como productos turísticos, lo que puede coadyuvar a la concientización de las comunidades e implementar medidas de gestión y conservación de las áreas protegidas mediante actividades de bajo impacto. Es importante señalar que al preservar los ecosistemas y realizar estrategias para la conservación, se generan beneficios económicos y socioculturales para una población, es decir, se promueve la sustentabilidad.

Esta última condición es posible, pero se requiere de la aprobación y voluntad de la comunidad y que esta se involucre en la toma de decisiones por el bien común, para que al mismo tiempo las estrategias propuestas tengan mayor aceptación (Baños, 2018; Ostrom, 2011). Para ello es necesario el sentido de pertenencia colectiva sobre el espacio que habitan, lo que requiere el compromiso para realizar acciones a favor de la sustentabilidad (Artigas et al., 2014; Morúa, 2010).

En la presente investigación se analiza el uso del suelo en el territorio y el aprovechamiento turístico de los recursos de la comunidad de Punta Allen y otras áreas de influencia de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka´an (RBSK), con la finalidad de contribuir en la toma de decisiones respecto a la gestión del territorio de una manera sustentable.

Área de estudio

La Reserva de la Biosfera de Sian Ka´an (RBSK) que en lengua maya significa «puerta del cielo o donde nace el cielo» (Ali, McInnes, y Pritchard, 2017), se decretó como ANP el 20 de enero de 1986, su último reconocimiento fue en el 2003 como sitio Ramsar por la calidad de sus humedales (CONANP, 2014). Se ubica en el estado de Quintana Roo, México, con una superficie de 528,147 hectáreas entre los límites territoriales de Tulum y Felipe Carrillo Puerto. Punta Allen tiene una población de 393 habitantes (INEGI, 2020) y se encuentra ubicada al interior de la RBSK, en la subzona para asentamientos humanos (Figura 7.1).

La RBSK está conformada por selva mediana y baja, manglares, petenes, humedales, cenotes, marismas y arrecifes de coral, que son aprovechados en actividades como pesca y turismo. Las actividades turísticas de mayor relevancia en el área son: esnórquel, buceo, observación de aves, kayakismo, pesca deportiva, pesca de captura y liberación, recorrido en embarcaciones para flotación, senderismo y ciclismo.

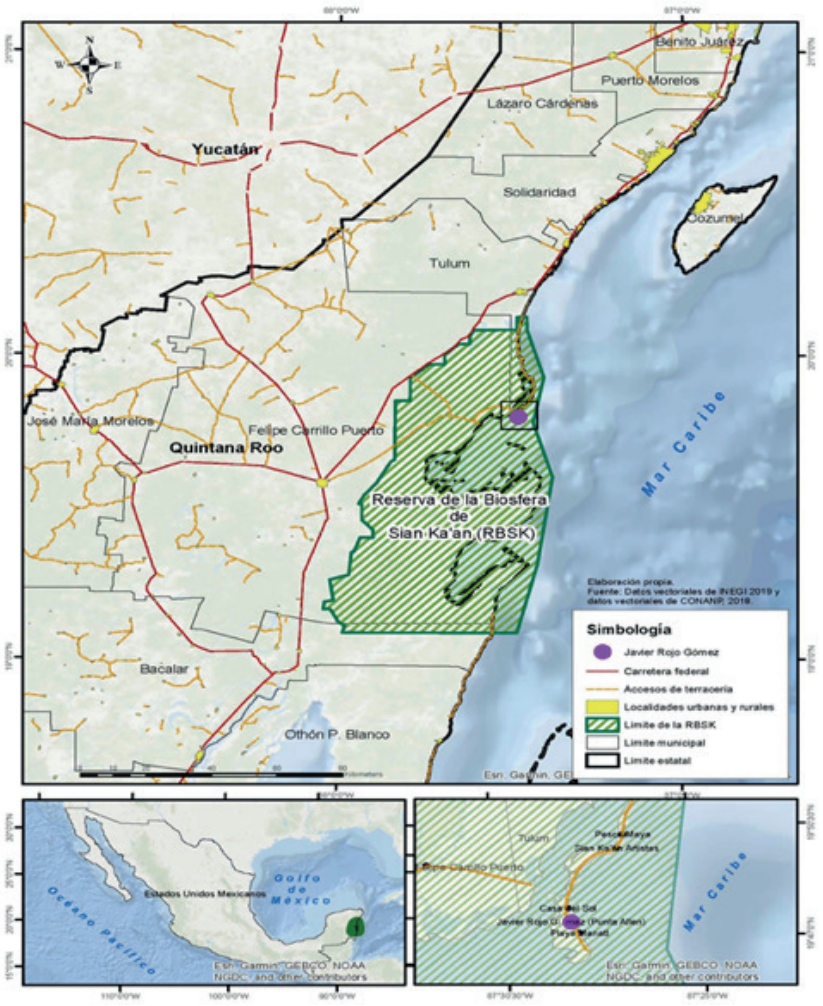


Figura 7.1. Localización RBSK-Punta Allen
Fuente: elaboración propia, con base en datos vectoriales INEGI, 2019 y CONANP, 2018.

Metodología

La investigación tiene como objeto de estudio la comunidad y busca la comprensión de las interacciones sociales en un periodo determinado (Murillo y Martínez, 2010). Se desarrolló en tres fases: la primera engloba la búsqueda de información en documentos especializados y oficiales de la RBSK como el Programa de Manejo y los Programas de Operación Anual del periodo 2010-2016 (CONANP, 2010-2016). En la segunda fase se realizó el trabajo de campo donde se aplicaron la observación y entrevistas como técnicas de recolección de datos (diciembre 2016 y mayo 2017). Se diseñó una guía de observación para obtener datos

sobre infraestructura básica como vías de acceso, sistemas de saneamiento, iluminación, centros de aprendizaje e infraestructura básica para la recreación, locaciones religiosas, deportivas, culturales, de apoyo al turismo, entre otras.

Se realizaron 30 entrevistas semiestructuradas dirigidas a actores clave (socios de las cooperativas turísticas y de la cooperativa de pescadores, profesores, dueños de hoteles y tiendas, entre otros), a través de la técnica de muestreo no probabilístico «bola de nieve», durante los meses de junio y julio de 2017. Esta técnica consiste en elegir a un participante y este a su vez recomienda a otros informantes (Hernández, Fernández, y Baptista, 2014).

La tercera fase estuvo dirigida a la transcripción literal de los audios grabados para su organización y sistematización mediante el *software* ATLAS.ti versión 8 y, por último, se realizó la triangulación de los datos recabados.

Proceso histórico y componentes estructurales de la comunidad

Antes y después del decreto de la RBSK, la población enclavada ha subsistido de la flora y fauna marina y terrestre de la zona. Desde los inicios del siglo XIX ya se dedicaban a la pesca de escama marina, manatí, y tortugas, así como a la caza de cocodrilo cuyas pieles eran comercializadas y pasaban por un proceso de salmuera que implicaba el uso de mangle (B. Caamal, comunicación personal, 3 de julio, 2007; D. Isabel, comunicación personal, 29 de junio de 2017).

A mediados del siglo XX, la población se dedicó a la actividad de copra como materia prima para la elaboración de jabón, champú y otros productos (P. Angélica, comunicación personal, 2 de julio de 2017; J. Pereira, comunicación personal, 28 de junio de 2017). Hasta 1960 la copra, en conjunto con la extracción de chicle, fueron las actividades económicas más importantes para Punta Allen; sin embargo, decayó en todas las comunidades costeras debido a la plaga de amarillamiento letal (provocado por *Candidatus Phytoplasma*). En el caso del chicle, este producto empezó a sustituirse con la introducción de polímeros sintéticos, en consecuencia, los ingresos se vieron afectados (J. Mendoza, comunicación personal, 2 de julio de 2017). Por lo anterior, fue necesario buscar otra fuente de ingresos que inició con la pesca de langosta. En 1968 se constituyó la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera «Pescadores de Vigía Chico», S.C.L (SCPPPVC), la primera y actualmente vigente en la comunidad, que además cuenta con una zona de pesca establecida en el Programa de Manejo del ANP con carácter de reserva (Secretaría de Gobernación, 2015) (figura 2).

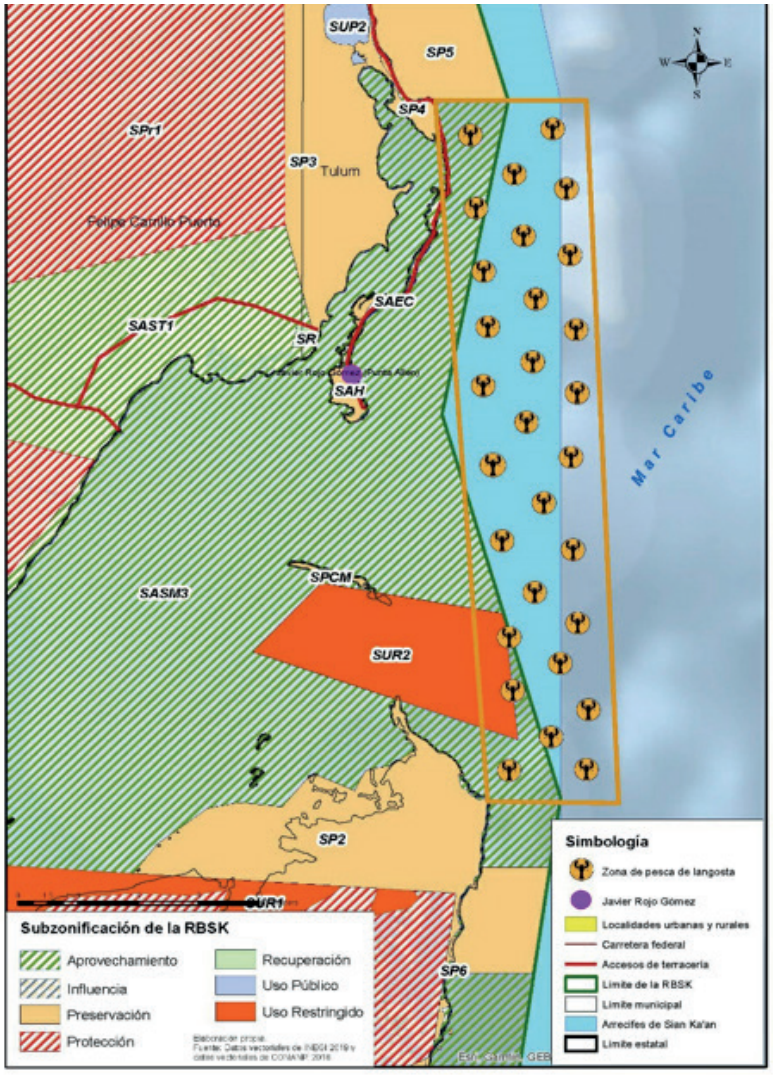


Figura 7.2. Zona de pesca de langosta en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka´an
Fuente: elaboración propia, con base en datos vectoriales INEGI, 2019 y CONANP, 2018

Previo al decreto de la zona como Reserva de la Biosfera, la pesca se realizaba mediante buceo, utilizando ganchos para la captura de langostas de las «casitas langosteras» elaboradas a base de palma *chit.* En los años ochenta se restringió el uso de esa especie vegetal, ya que debido a su sobreexplotación se convirtió en una especie en peligro de extinción, por lo que los pescadores optaron por elaborar las «casitas langosteras» con estructura de varillas y cobertura de cemento. Hasta 1980 la actividad pesquera fungía como el motor de la economía de Punta Allen. Sin embargo, en 1988 las comunidades costeras fueron devastadas por el huracán Gilberto, suceso que provocó la disminución de la población de langosta, emanando problemas económicos y sociales por la falta de ingresos.

Teniendo en cuenta el potencial turístico, el paisaje y los ecosistemas en la RBSK, el turismo empezó a visualizarse como alternativa económica para la población local, de tal forma que en 1994 se conformó la primera cooperativa turística, y para el 2017 se encontraron registros de seis cooperativas que alternaban los servicios turísticos con la pesca sustentable de langosta. En el año 2003, como parte de las buenas prácticas para evitar problemas sociales y competencia desleal, se formó una «alianza de cooperativas», integrada por cuatro cooperativas turísticas representadas por sus presidentes (J. Carlos, comunicación personal, 9 de julio, 2017) que tienen como función: estandarizar las actividades turísticas, establecer precios de los servicios, tomar decisiones sobre infraestructura, limpieza de las playas, colocar boyas, elaborar o modificar el reglamento interno y realizar trámites con la presidencia municipal o la CONANP.

En el 2011, según datos del Programa Operativo Anual (POA), la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Cozumel, recibió un apoyo económico para implementar viveros en el mar, que promovía la comercialización de langosta viva para mejorar el precio por kilo, además se evitaba así la captura de hembras ovígeras y de individuos fuera de la talla mínima legal. Esta actividad fortalece a la empresa integradora de cooperativas pesqueras y a la marca colectiva «Chankay» que cumple con rigurosos estándares de pesca responsable (CONANP, 2010-2016). Es importante señalar que la práctica del turismo en la RBSK se lleva a cabo acorde al programa de manejo y al reglamento interno establecido por las sociedades cooperativas, las cuales a su vez promueven respetar la capacidad de carga o número de usuarios por día y la vigilancia de los servicios turísticos para evitar su comercialización con operadoras turísticas que tienden a la masificación.

En cuanto al flujo turístico de la RBSK, en el año 2000 recibió 39 901 visitantes, y para el 2017 la cantidad se elevó a 160 522. Esta dinámica de ocio y turismo dejan una importante derrama económica a la población de Punta Allen y a otras comunidades del área de influencia. Algunos resultados observados en el trabajo de campo de la comunidad de Punta Allen son los siguientes:

No posee suministro eléctrico (Figura 7.3), sino que se solventa con una planta de combustible disponible de 10:30 am a 2:30 pm y de 6:00 pm a 12:00 am. Parte de la población, pequeños hoteles y negocios en general, cuentan con paneles solares.



Figura 7.3. Planta de combustible abastecedora de luz.
Fuente: Cabrera, J., 2017.

Para la atención médica hay una unidad de los Servicios Estatales de Salud (SESA), y una unidad del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) (Figura 7.4). Existe una escuela de nivel preescolar, una de nivel primaria y una de secundaria. En cuanto al suministro de agua potable, es proporcionado por la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA); también se abastecen mediante la extracción en pozos.



Figura 7.4. Servicios médicos de la comunidad Punta Allen
Fuente: Cabrera, J., 2017

En cuanto a la gestión de residuos, los sólidos se concentran en módulos de almacenamiento para posteriormente ser transportados al Municipio de Tulum. La comunidad carece de sistema de alcantarillado, se utilizan fosas sépticas para la disposición de aguas residua-

les, que son desazolvadas periódicamente para prevenir su derrame y que se conviertan en foco de contaminación.

Uso del suelo y acciones de manejo del ANP para el aprovechamiento turístico

En el trabajo de campo, se verificó el uso del suelo establecido en el Programa de Manejo y actividades autorizadas en estas zonas. En la Figura 7.5, se observa la zonificación y subzonificación de la RBSK: la zona núcleo incluye dos tipos de subzonas a) la de protección y protección costero-marino que se mantienen conservadas y los ecosistemas frágiles o relevantes tienen cuidados especiales [SPr1, APr2 y SPCM], b) Subzona de uso restringido donde se ubican los sitios en recuperación con procesos de degradación [SUR1 y SUR2]. En las subzonas de preservación y preservación costero-marino, está permitida la realización de diversas actividades, con el compromiso de que los recursos no se pierdan o degraden [SP1, SP2, SP3, SP4, SP5 y SP6] y [SPCM].

Las subzonas de Aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, marinos y terrestres [SASM1, SASM2, SASM3 y SAST1] y de Aprovechamiento especial costera [SAEC], permiten a los pobladores dedicarse a la pesca de la langosta bajo esquemas de sustentabilidad, así como otras actividades turísticas de bajo impacto. Las de uso público [SUP1, SUP2 y SUP3] tienen atractivos naturales para la recreación y el esparcimiento. Los prestadores de servicios, en coordinación con los gestores del área, regulan el número de visitantes en función de lo establecido en los estudios de capacidad de carga. Existe una pequeña subzona en recuperación [SR] y finalmente la subzona de asentamientos humanos [SAH], donde se ubica Punta Allen y otras localidades que se encontraban antes del decreto de la Reserva (Programa de Manejo del ANP con carácter de RBSK, 2015).

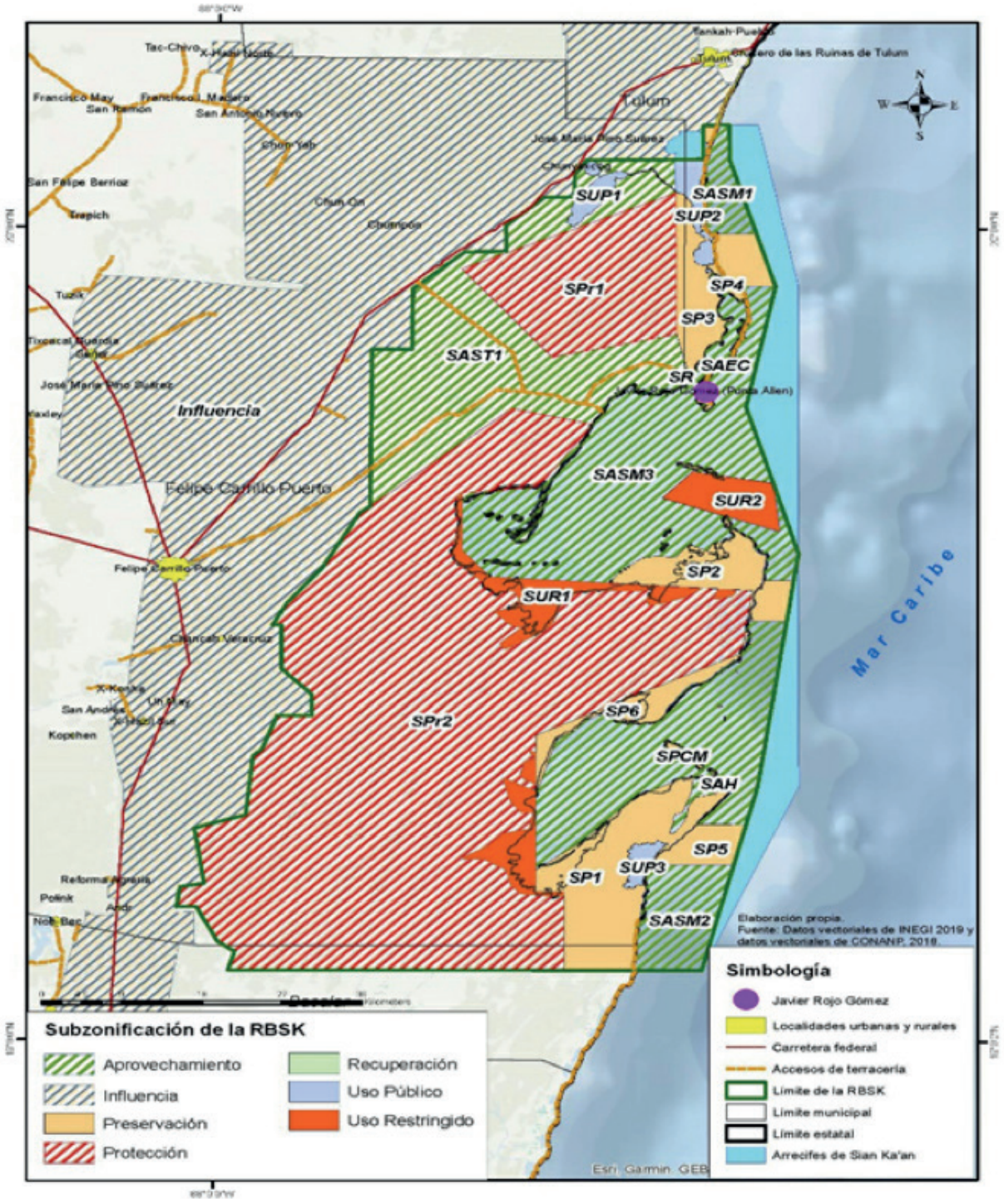


Figura 7.5. Zonificación y subzonificación de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka´an
Fuente: elaboración propia, con base en datos vectoriales INEGI, 2019 y CONANP, 2018.

Según el POA, de 2010 a 2016 (CONANP 2010-2016), se reportaron diversas acciones en cada una de las líneas de protección, conocimiento, cultura, gestión y manejo; en esta última las estrategias de conservación para el desarrollo y el turismo, son de interés para la presente investigación. La tabla 1 resume algunas acciones en ese sentido, como el reporte de 42 proyectos ecoturísticos con una inversión de $3 149 841 pesos mexicanos. A través de dicho financiamiento federal se apoyaron a más de 14 comunidades y/o ejidos ubicados en la zona costera norte, centro y sur de la RBSK con la construcción de apiarios, elaboración de diversos productos, infraestructura para recolección de agua, acondicionamiento de infraestructura pesquera, compra de embarcaciones, miradores, andadores, senderos, instalación de boyas marinas en sitios turísticos, señalética, monitoreo de especies y calidad del agua.

Cabe mencionar que de las debilidades que presenta este tipo de apoyo es la concentración del recurso para los integrantes de las cooperativas turísticas, que deja de lado a otra parte de la población local.

Otra de las acciones que muestra la Tabla 7.1 es la impartición de 17 cursos de capacitación con un apoyo de $564 000 pesos, centrados en temas sobre la importancia de los ecosistemas y de las áreas naturales protegidas, certificaciones para guías de turismo de naturaleza y cursos de inglés. Además, se reportaron tres estudios de apoyo técnico con una inversión de $83 000 pesos (uno de gestión y planeación del Ordenamiento Territorial Comunitario, otro de pesca deportiva de captura y liberación, y un estudio para impulsar el proceso de diversificación productiva). En esas acciones, los cursos de capacitación recibieron aproximadamente el 18 % del monto total destinado para los proyectos ecoturísticos aprobados, y este porcentaje se reduce aún más en lo que respecta al apoyo para la investigación.

Se desconoce el monto destinado para otras acciones tales como dos estudios de capacidad de carga, tres estudios de límite de cambio aceptable, limpieza en las playas, empleo temporal para la recolección de sargazo, impulso de redes comunitarias con proyectos que apoyen la conservación de la biodiversidad y el ecosistema, asesoramiento para diversificar las actividades y el empleo de artes de pesca que no dañen al ambiente. Sin embargo, se reconocen las estrategias para aprovechar de forma sustentable los recursos y estimular la comercialización de productos artesanales elaborados en las comunidades y ejidos.

Tabla 7.1. Acciones POA de Sian Ka'an, arrecifes de Sian Ka'an y Uaymil (2010-2016). Fuente: con base en el POA, CONANP, 2010-2016.

AÑO	TIPO DE APOYO	COMUNIDADES/EJIDOS	MONTO
2010	31 proyectos comunitarios (apiarios, estufas ahorradoras, hortalizas, captación de agua de lluvia, etc.)	Tres Reyes, Andrés Q. Roo, Chunya, Chu-non, Uh May Sahcabchen, Kankabdzonot, Francisco I Madero, Chanca Veracruz, Cancepchen, Punta Herrero, Campamento María Elena.	$ 944 591.00
2010	5 cursos de capacitación y certificación de empresas	Javier Rojo Gómez (Punta Allen)	$ 125 000.00
2010	Estudio técnico de gestión y planeación del Ordenamiento Territorial Comunitario	Ejido Chunyaxche y anexos.	$ 50 000.00
2011 Curso de capacitación para la operación de empresas turísticas Javier Rojo Gómez (Punta Allen)			$40 000.00
2012	Proyecto ecoturístico (embarcaciones, rehabilitación, instalación de boyas marinas)	Javier Rojo Gómez (Punta Allen)	$87 000.00
		Javier Rojo Gómez (Punta Allen)	$100 000.00
		Javier Rojo Gómez (Punta Allen)	$45 000.00
2012	3 cursos de capacitación	Javier Rojo Gómez (Punta Allen)	$90 000.00 ($30000.00 c/u)
2013	Proyecto ecoturístico	Javier Rojo Gómez (Punta Allen)	$60 000.00
		Javier Rojo Gómez (Punta Allen)	$60 000.00
		Javier Rojo Gómez (Punta Allen)	$50 000.00
2013	Curso de capacitación	Javier Rojo Gómez (Punta Allen)	$28 000.00
2013	2 cursos de capacitación	Javier Rojo Gómez (Punta Allen)	$56 000-.00 ($28000.00 c/u)
2014	Proyecto ecoturístico	Javier Rojo Gómez (Punta Allen)	$137 250.00
215	Tres cursos de capacitación (SECTUR)	Javier Rojo Gómez (Punta Allen)	$125 000.00
2015	Estudio	Javier Rojo Gómez (Punta Allen)	$25 000.00
2015	Proyecto pesca deportiva	Bahía del Espíritu Santo	$146 000.00
216	Proyecto PROCER (monitoreo de primates)	Muyil-Chunyaxché y Javier Rojo Gómez	$600 000.00
2016	Proyecto PROCER (monitoreo de tapir y pecarí de labios blancos)	Muyil-Chunyaxché y Javier Rojo Gómez	$420 000.00
2016	Proyecto PROCER (monitoreo de arrecifes y calidad del agua)	Muyil-Chunyaxché y Javier Rojo Gómez	$500 000.00
2016	2 cursos de capacitación (guías de turismo de naturaleza y del sitio arqueológico Muyil)	Muyil y Javier Rojo Gómez (Punta Allen)	$100 000.00
2016	Un estudio técnico (intercambio de experiencias para el impulso de diversificación productiva)	Bahía del Espíritu Santo	$8 000.00

Discusión

Desde el punto de vista territorial, como menciona Santos (1990 y 1996), en la RBSK, a través del Programa de Manejo, se encuentran lineamientos jurídicos que regulan la apropiación, uso y conservación de los recursos, en relación a las formas técnicas que tienen que ver con el desarrollo del equipamiento, oferta e infraestructura; esta última se ha mantenido en baja escala en congruencia con lo que señala el Programa de Manejo, de esa manera conservan el paisaje y los recursos naturales como atractivos icónicos.

Los resultados muestran la participación de la comunidad en las acciones para el manejo y conservación de los recursos, así como en la toma de decisiones y en la gestión de la RBSK, lo cual ha traído beneficios como son la conformación de «alianza de cooperativas», redes comunitarias, buenas prácticas ambientales y la elaboración de productos artesanales para el aprovechamiento de los recursos, como apuntan Miranda y Alvarado (2017); Dilschneider (2016); Iradi (2014); López (2015); Vicencio y Bringas (2014).

Asimismo, el área es vista como un bien común y es cuidada por la comunidad cuando obtiene beneficios, es decir, toma conciencia y valora que el paisaje, los recursos marinos y terrestres son primordiales para su propia subsistencia como lo señalan Aguilar et al., (2012), al comparar comunidades ubicadas dentro y fuera de un ANP, ya que la interacción de la comunidad con el ANP varía en función de su aprovechamiento, por lo tanto las que tienen mayor apego y dependencia del área son las que promueven más acciones para el manejo y conservación, y las que no son beneficiadas directamente difieren en su percepción.

En particular, la población de Punta Allen y las comunidades costeras que se encuentran en el área de influencia de la reserva, promueven la subsistencia y aprovechamiento de la riqueza biológica y el paisaje de forma sustentable, de acuerdo con Baños (2018). Según estos resultados, la sustentabilidad en la RBSK se fundamenta en la diversificación de actividades económicas, en la participación de la comunidad para la conservación de los recursos, en las buenas prácticas de pesca sustentable de langosta y servicios turísticos, en la participación de acciones en la limpieza, monitoreo, regulación y toma de decisiones, a partir del sistema de cooperativas que son de incidencia ejidal, y el sentimiento de pertenencia colectiva de este espacio de común aprovechamiento y desarrollo que, como mencionan Artigas, Ramos, y Vargas (2014) y Morúa (2010), son características fundamentales para coadyuvar a la sustentabilidad.

Conclusiones

A partir del decreto de la RBSK, se implementaron cambios en los usos del territorio que no fueron aceptados por la comunidad. Sin embargo, no fue hasta 1988 con la detonación del huracán Gilberto que la población se vio en la necesidad de adoptar nuevas formas de aprovechar el territorio; de esta manera, y en sinergia con los programas de capacitación por parte de los gestores del área para concientizar a la población sobre la importancia de cuidar los ecosistemas, se logró la aceptación de los lineamientos de regulación y con ello el aprovechamiento de los recursos de la RBSK.

Con el surgimiento de sociedades cooperativas se ha fomentado la implementación de medidas internas de aprovechamiento. Asimismo, el sistema ha permitido que la derrama económica del turismo se distribuya entre la población local e incremente los ingresos de los hogares. La infraestructura urbana ha tenido poco efecto debido a la categorización como ANP que no permite hacer modificaciones o edificaciones; esto deja a la población local con una cobertura precaria de los servicios básicos, sistema de salud, educativos y deterioro de la infraestructura vial. Aunque la comunidad es consciente y se adapta a las condiciones actuales para no afectar la flora y fauna del ANP, también es cierto que la actividad turística se ha incrementado y no se están tomando acciones para la cobertura de estos servicios en beneficio de los habitantes locales.

En los resultados de la investigación se demuestra la participación de las comunidades costeras en el ANP, y el vínculo con los gestores o autoridades encargadas de la administración de estas. Para el caso de la RBSK, los pobladores sugieren que las autoridades deben tener mayor acercamiento, pues consideran que el apoyo y la atención que se les dio previamente y durante el decreto de la RBSK se han debilitado con el tiempo. Los entrevistados evidencian confusión en las funciones de las autoridades como la CONANP, que administra la RBSK, y, de acuerdo con la revisión de los Programas de Operación Anual, las actividades gestionadas por esta dependencia se hicieron con mayor frecuencia en años anteriores. Actualmente, el aprovechamiento se basa en cuatro actividades: la pesca de langosta, la pesca deportiva con cuatro especies objetivo: palometa, macabí, sábalo y robalo; la comercialización de productos artesanales (miel, mermeladas, hamacas y otras) y el turismo de naturaleza, esta última como alternativa que permite captar ingresos para los hogares de la comunidad.

La comunidad de Punta Allen tiene respeto y valoración por los recursos de la RBSK, y para protegerlos no han aceptado la masificación del turismo a través de los turoperadores. Los habitantes de la localidad, con la conformación de las cooperativas turísticas, brindan los recorridos y han logrado la certificación como guías, su superación y capacitación constante les permite tener más conocimiento sobre las especies, el cuidado de los ecosistemas y buenas prácticas ambientales.

Referencias bibliográficas

Aguilar, w., Alonzo, D., Canul, D. & Cerón J. (2012). Percepción social sobre los beneficios de estar viviendo en un Área Natural Protegida: Otoch Ma´ax Yetel Kooh. Teoría y Praxis, 8(12), 34-51.

Ali, M. L., Mcinnes, R. y Pritchard, D. (2017). Ramsar and World Heritage Conventions: Converging towards success. Switzerland: Ramsar Convention Secretariat.

Arroyo, L. y Frausto, O. (2020). Organización territorial del turismo en litoral: Costa Caribe de México (1er.ed.). Italia:Aracne.

Arroyo, L., Segrado, R. G., Frausto, O., González, C. & Colín, O. (2018). Organización territorial y aprovechamiento turístico sustentable en el Parque Nacional Arrecifes Cozumel, México, Revista Geográfica de América Central, 3(61E), 237-261.

Artigas, E., Ramos, A. E., & Vargas, H. (2014). La participación comunitaria en la conservación del medio ambiente: clave para el desarrollo local sostenible. DELOS Desarrollo Local Sostenible, 7(21) 1-21.

Baños, A. (2018). Territorio, turismo y transformaciones urbanas. Apuntes para una gestión alternativa en Puerto Vallarta, México. TOPOFILIA, Revista Científica de Arquitectura, Urbanismo y Territorios, 17,147-163.

Briassoulis, H. (2002). Sustainable tourism and the question of the commons. Annals of Tourism Research, 29(4), 1065-1085.

CONANP (2014). Programa de Manejo: Complejo Sian Ka´an: Reserva de la biosfera de Sian Ka´an, Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil y Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka´an. Recuperado de https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/84_libro_pm.pdf.

CONANP (2018). Información espacial, áreas naturales protegidas. Recuperado de: http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/info_shape.htm

CONANP. (2010-2016). Programa Operativo Anual (POA), Complejo Sian Ka´an: Reserva de la biosfera de Sian Ka´an, Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil y Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka´an. México: SEMARNAT.

Dilschneider, L. (2016). Propuesta de valorización del patrimonio ambiental para el desarrollo del ecoturismo en el Área Natural Protegida Caleta de los Loros-Pozo Salado-Punta Mejillón, Provincia de Río Negro. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Sur. Departamento de Geografía y Turismo, Buenos Aires, Argentina. Recuperada de http://repositoriodigital. uns.edu.ar/handle/123456789/3323

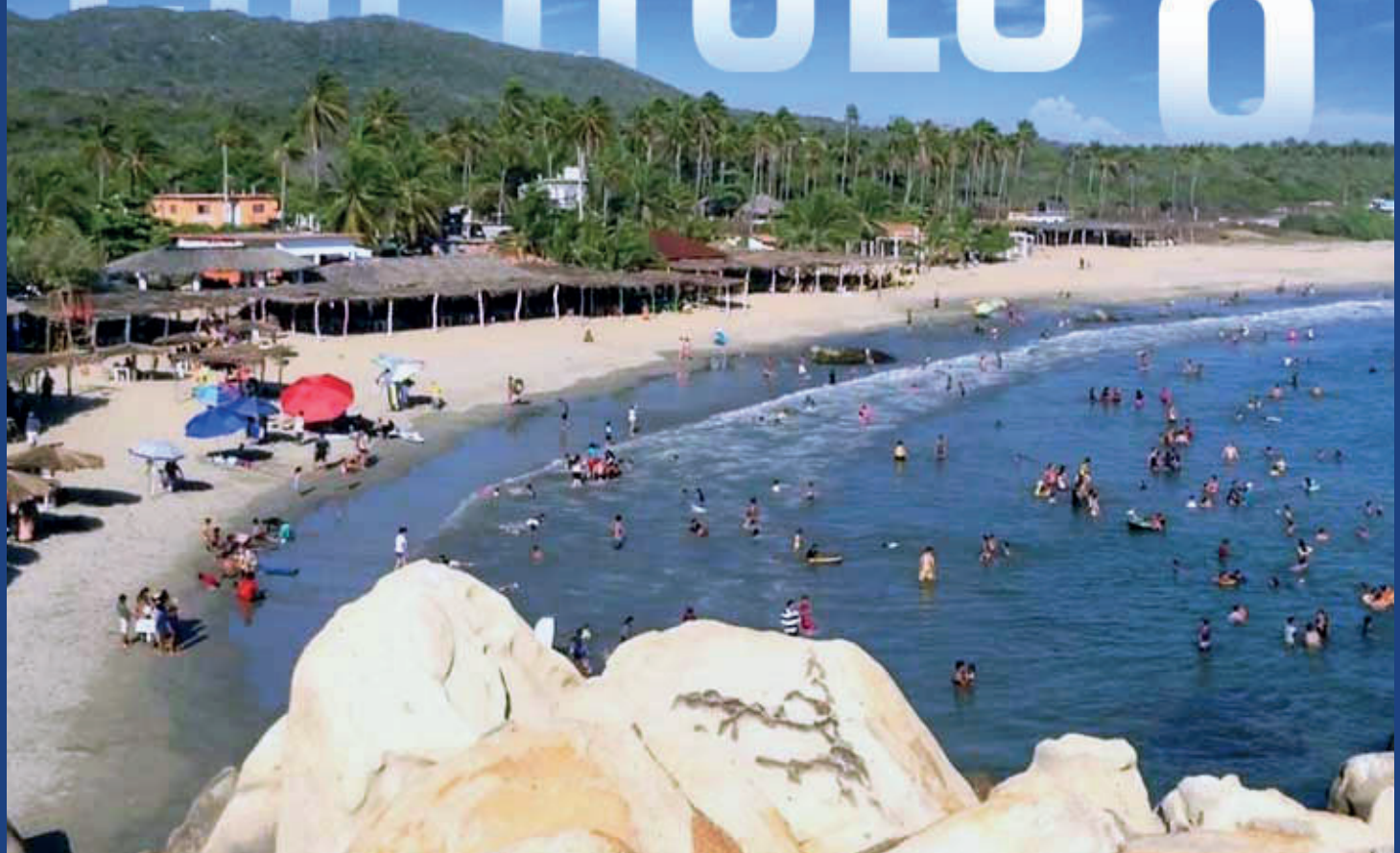
Haesbaert, R. (2011). El mito de la desterritorialización: del "fin de los territorios" a la mutiterritorialidad (1er.ed.). México: Siglo XXI.
Harvey, D. (1992), Urbanismo y desigualdad social (6ta ed.). España: Siglo XXI.
Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. D. P. (2014). Metodología de la investigación. México: McGraw-Hill.
INEGI. (2019), "Datos vectoriales en Instituto Nacional de Estadística Geografía Informática, México.
INEGI. (2020), Censo de Población y Vivienda, 2020, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, México.
Iradi, M. (2014). Las áreas naturales protegidas del sudoeste bonaerense: diseño de una ruta ecoturística (Tesis de grado). Universidad Nacional del Sur. Departamento de Geografía y Turismo, Buenos Aires, Argentina. Recuperada de http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/3242
Lahire, B. (2019). Para una sociología disposicionalista y contextualista. Clivajes. Revista de Ciencias Sociales, (12), 1-17.
Ley General De Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. (2012). Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Áreas Naturales Protegidas. México: ISEF.
LLanos, L. (2010) "El concepto del territorio y la investigación en las ciencias sociales". Agricultura, Sociedad y Desarrollo, 7(3), 207-220. Recuperado de: https://www.colpos.mx/asyd/volumen7/numero3/asd-10-001.pdf
López, A. (2015). Turismo y desarrollo sustentable en áreas protegidas o sobre los "nuevos" contrasentidos para la producción y el marasmo en el ámbito rural, Desacatos, (47), pp. 36-53.
Miranda y Alvarado (2017). Relaciones territoriales de la actividad turística en torno al Parque Nacional Rincón de la Vieja, Costa Rica, Revista Geográfica de América Central, 1(58E), 185-207.
Moreno, M. L. G. (2010). Los espacios naturales protegidos como categoría en la ordenación del territorio: el caso de la comunidad autónoma andaluza. Cuadernos Geográficos, (47), 317-346.
Morúa, A. (2010). La participación comunitaria en la gestión ambiental. Revista Venezolana de Economía y Ciencias Sociales, 16(2),125-135.
Munizaga, G. (2000). Macroarquitectura. Tipologías y estrategias de desarrollo urbano, Alfaomega, (2da.ed.). México: Alfaomega Grupo Editor.
Murillo, J., & Martínez, C. (2010). Investigación Etnográfica. Métodos de Investigación Educativa (3er.ed.). España: Universidad Autónoma de Madrid.
Ostrom, E. (2011). El gobierno de los bienes comunes. La evolución de las instituciones de acción colectiva. México: Editorial Fondo de Cultura Económica
Ramírez, B. y López, L. (2015). Espacio, paisaje, región, territorio y lugar: la diversidad en el pensamiento contemporáneo (1ra. ed.). México: UNAM, Instituto de Geografía: UAM, Xochimilco.
Rodríguez, G. & Bracamonte, Á. (2008). Pertinencia de las ANP como política de conservación y mejoramiento de la calidad de vida. Análisis de percepción en la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado. Estudios Sociales, 16(32),143-176.
Santos, M. (1990). Por una nueva Geografía, Madrid:Espasa-Calpe.
Santos, M. (1996). De la totalidad al lugar (1ra.ed.). Barcelona: Oikos-tau.
Secretaría de Gobernación (2015). Acuerdo por el que se da a conocer el resumen del Programa de Manejo del Área Natural Protegida con carácter de Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an. Diario

Oficial de la Federación- DOF: 23/01/2015. Secretaria de Gobernación. México.
Segrado, R. G., Arroyo, L., Amador, K., Palma, M. (2015). Hacia un modelo de aprovechamiento turístico sustentable en Áreas Naturales Protegidas: estudio de caso del Parque Natural Chankanaab de Cozumel, México. Pasos. Revista de Turismo y Patrimonio Cultural, 1 (13), 26-42.
Sosa, M. (2012). ¿Cómo entender el territorio? (1ra. ed.). Guatemala: Editorial Cara Parens.
United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2004). Linking Universal and Local Values: Managing a Sustainable Future for World Heritage. Paris: UNESCO World Heritage Centre.
Vicencio, Y. y Bringas, N. (2014). Conflictos entre la conservación y el turismo en áreas naturales protegidas: el buen vivir como aspiración para Bahía de los Ángeles, Teoría y Praxis, 49-73.

ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO Y PLANIFICACIÓN TURÍSTICA DE UNA COMUNIDAD RURAL COSTERA EN EL PACÍFICO SUR DE MÉXICO

CESAR DANIEL AGUILAR-BECERRA, OSCAR FRAUSTO-MARTÍNEZ,
HILDA JANET ARELLANO-WENCES, JAIR, J. PINEDA-PINEDA

CAPÍTULO 8



Análisis del crecimiento y planificación turística de una comunidad rural costera en el Pacífico sur de México

Cesar Daniel Aguilar Becerra[1], Oscar Frausto Martínez[2], Hilda Janet Arellano Wences[1] y Jair J. Pineda Pineda[1]

[1]Centro de Ciencias de Desarrollo Regional, Universidad Autónoma de Guerrero. Calle El Pino Col. El roble sin #, C.P. 39640, Acapulco Guerrero, México.

[2] Universidad de Quintana Roo, Campus Cozumel. Avenida. Andrés Quintana Roo S/N, entre calle 110 sur, Frente a la Colonia San Gervasio. C.P. 077600, Cozumel, Quintana Roo, México.

caguilar@uagro.mx

Introducción

La evaluación del crecimiento de un destino turístico conlleva al análisis de diferentes momentos de acuerdo con su etapa evolutiva, es decir, «el reconocimiento de su historia», a fin de comprender las rutas en las que este crecimiento puede encontrarse. Así, el estudio de la evolución de un destino turístico puede llevarse a cabo con diferentes métodos. Pudieran ser cuantitativos, cualitativos y mixtos, sin dejar de señalar que el enfoque dependerá del contexto del destino, por ejemplo, si es rural o urbano (Aguilar-Becerra et al., 2019; Brouder, Anton Clavé, Gill, y Ioannides, 2017; Butler, 1980; Sanz-Ibáñez, Wilson, y Clavé, 2017).

Bajo este escenario, la Geografía Económica Evolutiva (GEE) se ha convertido en una herramienta investigativa para el análisis de la dinámica progresiva de un destino turístico. La GEE se ocupa de la distribución de actividades económicas en el espacio y tiempo, considerando los momentos históricos que encaminan al cambio de rutas (Brouder et al., 2017; Ma y Hassink, 2013; Sanz-Ibáñez y Clavé, 2014; Soares, Ivars-Baidal, y Gândara, 2016).

En el marco de la GEE, la línea investigativa más desarrollada es la Dependencia de la Trayectoria (DT). Debe entenderse por esta a la ruta o camino donde se desenvuelven diferentes escenarios o etapas del ciclo de vida de un destino, cuya dirección positiva o negativa dependerá de los bloqueos existentes, mismos que pueden estar presentes desde que se

edificó el destino y que pueden generarse de manera interna y externa. (Bramwell y Cox, 2009; Ma y Hassink, 2014).

En la DT se reconocen al menos siete etapas en el ciclo de vida de un destino: preformación, creación de la trayectoria, desarrollo de la trayectoria, la trayectoria como un proceso dinámico, adaptación local, ruta con movimiento estable y ruta estática o en declive (Ma y Hassink, 2013, 2014; Soares et al., 2016). Cada una de las fases mencionadas, ya aplicadas al estatus actual de un destino, están influenciadas por sucesos de una trayectoria anterior, según (Williams, 2013).

La planificación de destinos desempeña un papel determinante. Es un tema que ha constituido reto desde la década de los 60´s**,** pues desde entonces comenzó el hito de cambiar el eje del crecimiento. Con ello, se proyectaba e instauraba un futuro bajo la edificación de destinos sustentables, planes que, hasta la fecha, no son más que sueños de muchos, y solo han quedado en los discursos de las grandes cumbres mundiales de índole política y académica de primer orden.

Por otro lado, la distribución espacial de las actividades humanas puede concebirse en un principio como idea de planificación (Rahmafitria, Pearce, Oktadiana, y Putro, 2020). En el sector turístico, el concepto de planificación implica que todas las partes interesadas (gobierno, residentes, empresas, turistas, empleados, ONG´s, entre otros actores) se involucren en la toma de decisiones para el manejo responsable de los recursos naturales y socioculturales, con el objetivo de disminuir los impactos negativos del turismo (Sautter y Leisen, 1999).

El turismo en el Pacífico mexicano es una las actividades económicas más importantes. En él, se concentran algunos de los centros turísticos más significativos del país: Los Cabos, Mazatlán, Acapulco, Ixtapa-Zihuatanejo, Puerto Vallarta y Huatulco. Los cuales, a través de los años, han crecido exponencialmente convirtiéndose en «destinos espejos»: por un lado, están las zonas turísticas donde emergen los atractivos, productos y servicios, «lo bonito», y en otro escenario, las realidades de las ciudades, donde se puede observar la pobreza y desigualdad que existe en la mayoría de sus puntos urbanos.

En los últimos veinte años, algunas comunidades rurales del litoral del Pacífico se han convertido en espacios de ocio y recreación; orientadas a un nuevo nicho mercantil del segmento de sol y playa. Este tipo de destino puede catalogarse como puntos de paso, de estadía corta, o como apoyo de desahogo para destinos consolidados. Sin embargo, las Comunida-

des rurales costeras (CRC´s) adolecen de una planificación turística que les permita guiarse hacia rutas sustentables (Aguilar-Becerra et al., 2019; Avila-Foucat y Rodríguez-Robayo, 2018; Espinoza, Chávez-Dagostino, Palafox-Muñoz, y Andrade, 2016; Ibañez, 2018; Mendoza, Hernández, y Osorio, 2018; Vargas del Río, 2015).

Actualmente, el estado de Guerrero cuenta, al menos, con 14 CRC´s y afluencia turística dentro de sus doce municipios costeros. Bajo esta sinergia, la localidad de Playa Ventura ubicada en el municipio de Cópala, junto con Troncones en el municipio de la Unión, son las que tienen mayor proyección de crecimiento turístico, en comparación al resto de las comunidades (Aguilar-Becerra et al., 2019).

El objetivo de este estudio consiste en analizar el crecimiento y la planificación turística de la CRC Playa Ventura, considerando su evolución desde la perspectiva de los residentes y del análisis de redes sociales.

Metodología

Zona de estudio

Guerrero es reconocido por sus dos destinos de sol y playa, Acapulco de Juárez e Ixtapa-Zihuatanejo. Sin embargo, dentro de sus 508 kilómetros de litoral coexisten comunidades que han transformado sus actividades económicas en los últimos años. Anteriormente, dependían del sector primario (pesca, agricultura y ganadería) y en la actualidad su economía necesita, en gran medida, del turismo. Tal es el caso de Barra de Coyuca, Hacienda de Cabañas, Bahías de Papanoa, Troncones, La Saladita, Barra de Potosí, Playa Ventura, La Bocana, Barra Vieja, Punta Maldonado, entre otras (Aguilar-Becerra et al., 2019).

La CRC de Playa Ventura está ubicada dentro de la región de la Costa Chica a 14 km del municipio de Cópala y a 130 km de Acapulco. Sus coordenadas son: 16°32’17” N y 98°54’43” O con una altitud de 0016 metros (Figura 8.1). El clima que prevalece en la comunidad es tipo (AW1) tropical subhúmedo, con temperatura promedio de 26°C. La precipitación anual es de 1411.1 mm; la mayor parte del año es soleado, la temporada de lluvias ocurre entre el 15 de mayo y el 14 de noviembre. La vegetación predominante es de selva mediana subcaducifolia. Entre la fauna silvestre que destaca se encuentran aves cantoras y reptiles, por ejemplo, las iguanas.

De acuerdo con el último censo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020), la comunidad cuenta con 557 habitantes: 287 mujeres y 270 hombres y 127 viviendas particulares habitadas. Dentro de las principales actividades económicas de la CRC se encuentran la pesca artesanal, agricultura, ganadería y turismo, actividad que se destaca por ser de índole endógeno (Aguilar-Becerra et al., 2019; Lucero-Álvarez, 2016; Mayo, 2017).

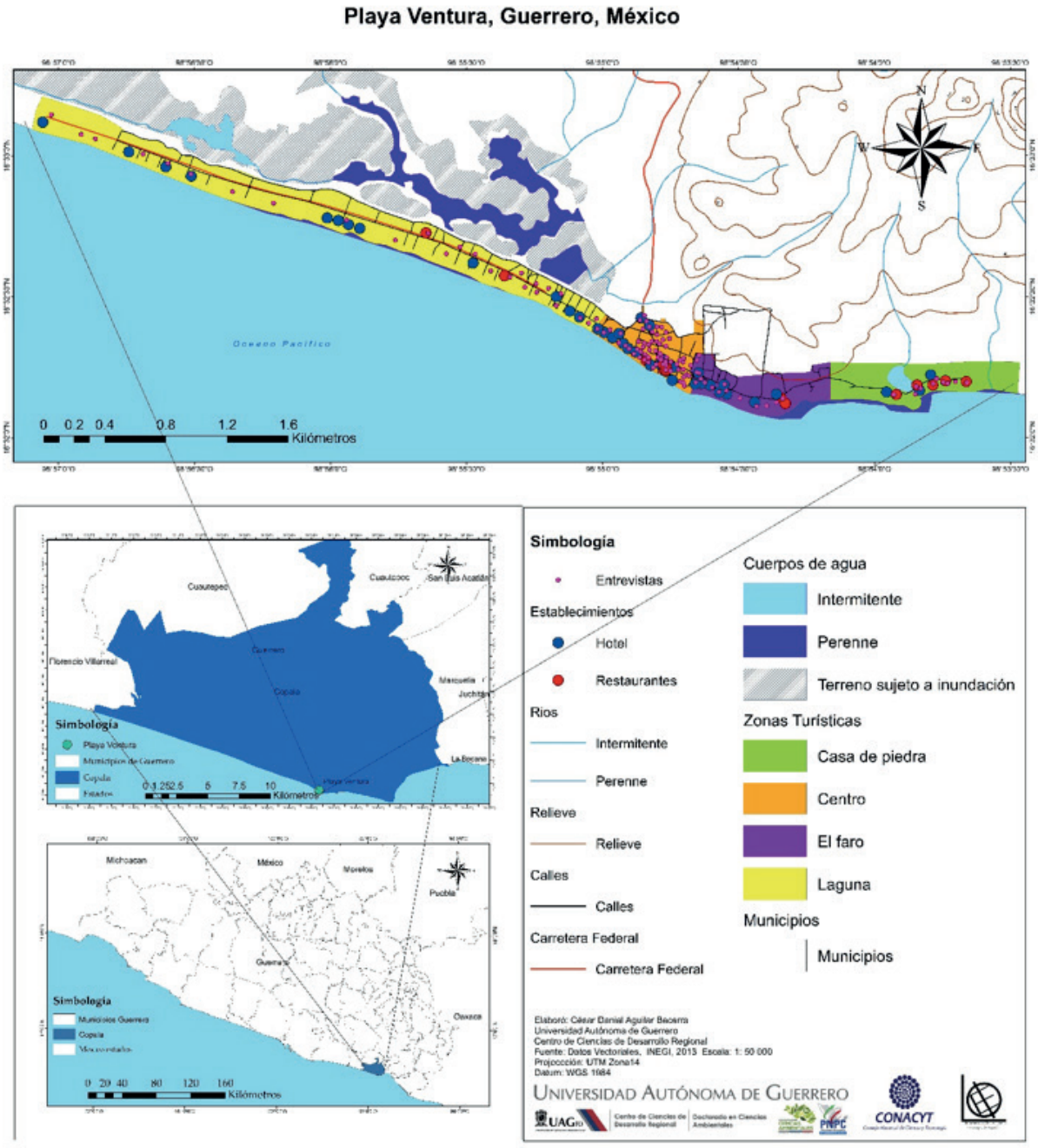


Figura 8.1. Ubicación y caracterización de Playa Ventura, Guerrero, México
Fuente: elaboración propia

Playa Ventura se distingue por contar con 4 zonas turísticas distribuidas en más de 10 km de playa y siete de laguna: Casa de piedra, El faro, Centro y Laguna, como se observa en la Figura 8.1. En las zonas existen un total de 56 negocios de servicios turísticos: 39 hoteles que disponen de 550 cuartos aproximadamente y de 17 restaurantes; estos servicios se encuentran abiertos durante todo el año (Aguilar-Becerra et al., 2019; Lucero-Álvarez, 2016; Mayo, 2017).

Los atractivos y productos turísticos que destacan son: Casa de piedra y la Laguna. En el primero se concentra el mayor número de visitantes para el disfrute del sol y playa debido al bajo oleaje. En el segundo se realizan recorridos en kayak para la visualización del paisaje del manglar y avistamiento de aves. Además, se realizan otro tipo de eventos dentro de algunos hoteles, por ejemplo, los recorridos nocturnos para observar el desove de tortugas (Aguilar-Becerra et al., 2019; Lucero-Álvarez, 2016)Guerrero</title><secondary-title>Universidad Autónoma de Guerrero</secondary-title></titles><dates><year>2016</year></dates><pub-location>Acapulco de Juárez</pub-location><publisher>Universidad Autónoma de Guerrero (México.

Recolección y análisis de los datos

Se realiza la descripción del crecimiento de Playa Ventura, basada en información sobre estudios anteriores en la comunidad, donde se exponen contextos históricos (Aguilar-Becerra et al., 2019; Lucero-Álvarez, 2016; Mayo, 2017). Posteriormente, se diseñó una entrevista semiestructurada dividida en dos secciones: la primera parte considera el perfil sociodemográfico básico del residente (género, edad, escolaridad, años habitados en la comunidad). La segunda parte consistió en preguntar, de acuerdo con la percepción del residente, los principales problemas de planificación que inhiben el crecimiento sustentable del turismo en la comunidad.

Se han elegido solo tres problemas por residente para homogenizar el grado de respuestas. Se observó que dentro del discurso de los residentes aludían a elementos repetitivos encaminados en el mismo sentido, por ejemplo, la ausencia de tubería para agua potable y escasez de agua potable.

Las entrevistas se aplicaron en junio del 2019 en viviendas particulares habitadas (se lograron contactar un total de habitantes en 117 viviendas, el resto de las viviendas son de segunda residencia y solo son habitadas en temporada vacacional). En consecuencia, se

entrevistó a un residente por vivienda, la única condición para proceder a la entrevista fue que tuvieran más de 18 años.

Para la interpretación y visualización de los datos se utilizó el enfoque de Análisis de Redes Sociales (ARS); medio que permite contar, mapear y analizar patrones de conexiones entre elementos del sistema turístico. Este enfoque admite desarrollar investigaciones cualitativa, cuantitativa y mixta (Mariani y Baggio, 2020; Tran, Jeeva, y Pourabedin, 2016). El trabajo se basa en un corte mixto, pues los instrumentos utilizados fungen tanto de preguntas abiertas como cerradas y la interpretación de los datos se da mediante análisis estadísticos.

En este sentido, se construyó una gráfica bipartita $G=G(V,E)$ cuyo conjunto de nodos $V = \{A, B\}$, donde A son los residentes (117 nodos) y B los problemas comunitarios (22 nodos). Sea v que pertenece a V. El grado de v es el número de relaciones incidentes en él, la representación de la gráfica bipartita G se muestra en la Figura 8.3.

En la investigación siguiendo hipótesis de que la percepción de los problemas comunitarios cambia en función del tiempo en que el residente ha radicado en la comunidad, se filtra la gráfica G por atributos y se realiza una partición de esta en residentes que tenían más de 30 años viviendo en la comunidad.

Resultados

Análisis del crecimiento de Playa Ventura

Playa Ventura fue instaurada a principios de la década de 1940 y recibía el nombre de Cabeza de Charco. En 1949 fue nominada como Colonia Juan N. Álvarez. La labor económica en sus inicios estaba orientada al desenvolvimiento de actividades primarias (pesca, ganadería y agricultura). (Aguilar-Becerra et al., 2019; Lucero-Álvarez, 2016; Mayo, 2017).

La preformación de la comunidad como un destino turístico comenzó en la década de los 70´s del siglo pasado. El primer negocio lo estableció Francisco Ventura Rodríguez en el año 1972 y hasta la fecha mantiene el nombre de «Pancho Ventura». La comunidad se comienza a denominar, de forma no oficial, bajo el seudónimo de Playa Ventura para referirse al destino (Aguilar-Becerra et al., 2019).

La creación de la trayectoria comienza en los inicios de 1990 (Figura 8.2). La pavimentación del entronque que lleva a la comunidad, los atractivos naturales, socioculturales, gastronómicos, la cercanía con Acapulco, la difusión del destino a través experiencias personales y la disminución de extracción de recursos pesqueros, fueron los principales factores que incentivaron el aumento del turismo y que este se convirtiera en nueva actividad económica en el municipio de Cópala (Aguilar-Becerra et al., 2019; Lucero-Álvarez, 2016; Mayo, 2017).

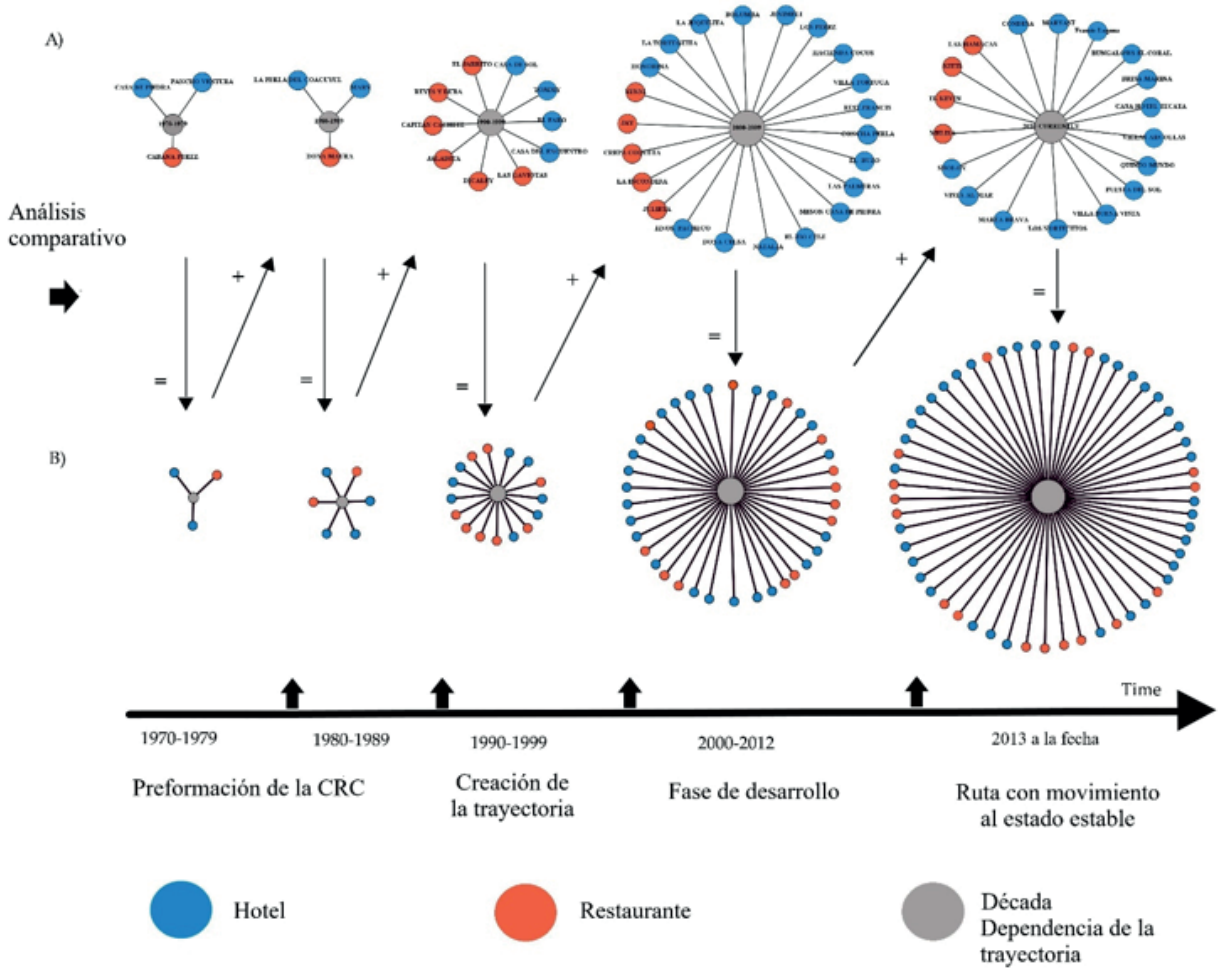


Figura 8.2. (A) Relación de edificación de establecimientos turísticos de Playa Ventura por década y (B) la relación de establecimientos a través de los análisis comparativos de gráficas temporales.

Fuente: (Aguilar-Becerra et al., 2019)

El desarrollo de la trayectoria ocurre entre los años 2000 y 2012, época en la cual se aprecia mayor edificación de establecimientos (Figura 8.2). Es la fase en la cual el turismo se convierte en la principal labor económica de la comunidad, de donde se desplazan las actividades iniciales. Ese período se destaca también por la llegada de extranjeros, que después de ser turistas decidieron radicar y poner incluso sus propios negocios, el mismo fenómeno también ocurrió para algunos turistas de procedencia nacional.

Según Aguilar-Becerra et al. (2019), la comunidad se encuentra en la etapa de ruta con movimiento estable, pues a pesar de que el destino no ha dejado de crecer, existe una disminución en la edificación del número de establecimientos (Figura 8.2). Ello se debe a la existencia de bloqueos negativos que, al no ser intervenidos por las partes involucradas, la tendencia del destino en algún momento será hacia una ruta estática o en declive.

Principales problemas de planificación

De acuerdo con el perfil sociodemográfico de los residentes, el 37 % cuenta con más de 50 años edad, el 38 % entre 30 y 39 años y el 25 % restante estuvo entre los 18 y 29 años (44 % corresponde a hombres y el 56% a mujeres). El 21 % lleva viviendo en la comunidad entre 3 y 14 años, el 22 % de 15 a 29, 32 % de 30 a 44, y el 25% más de 45 años. El estado civil demostró que un 62 % estaban casados, 17 % solteros, 13 % en unión libre, 5 % divorciados y solo 3 % viudos. Con base al grado de escolaridad, se declaró el 7 % sin estudios, 30 % con primaria, 29 % con secundaria, 23 % con preparatoria, 9 % con licenciatura y el 2 % con un posgrado.

La ocupación actual de los entrevistados en su mayoría está ligada al turismo con 43 %, el 20 % al hogar y el resto está relacionado a las actividades primarias. Existe un incremento de residentes que trabajan en el sector turístico, pues solo el 15 % su empleo anterior estaba relacionado con este sector. Es importante señalar que hubo un descenso en el número de trabajos del sector primario.

Las respuestas de los residentes (nodos azules) se muestran en la gráfica (Figura 8.3). Nótese que la falta de agua potable, drenaje y electricidad, son los nodos con mayor grado, es decir, los problemas comunitarios en los que más inciden los residentes, seguido de la falta de servicios de telecomunicaciones y de apoyo gubernamental. El grado máximo del conjunto *B* de la gráfica bipartita *G* fue de 92 y el mínimo de 1 (Figura 8.4).

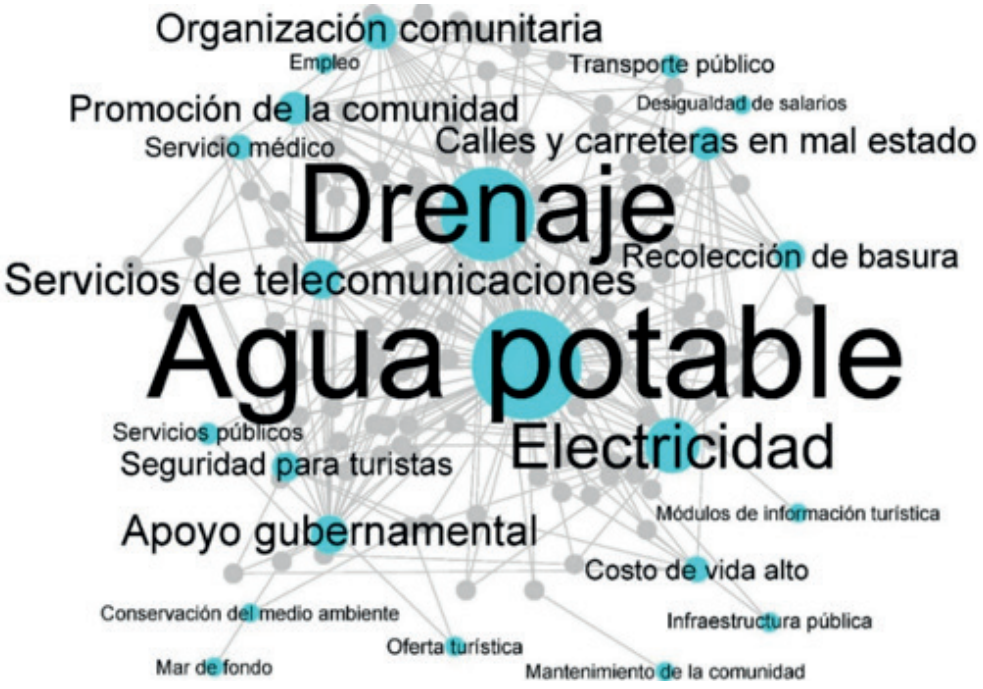


Figura 8.3. Gráfica bipartita G. Los nodos más grandes representan los problemas comunitarios más representativos. Los nodos grises representan a los residentes entrevistados

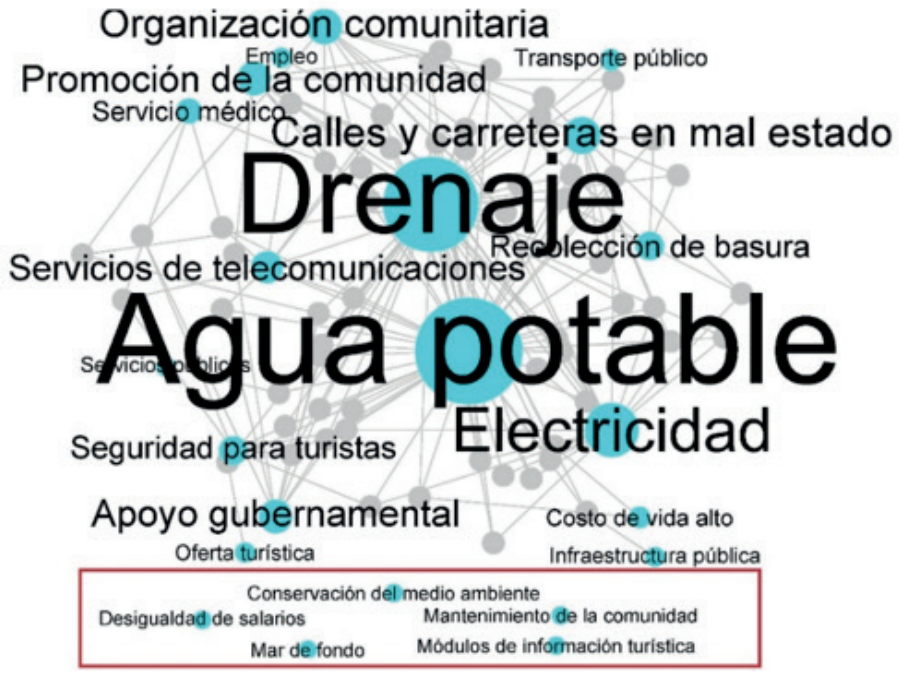


Figura 8.4. La gráfica bipartita G muestra, en el rectángulo rojo, los problemas comunitarios que no consideraron los residentes con más de 30 años viviendo en Playa Ventura, Guerrero, México

Al observar los problemas comunitarios señalados por los residentes que tienen más de 30 años viviendo en la comunidad, puede notarse que la conservación del medio ambiente, mar de fondo, entre otros aspectos de índole ambiental a los cuales no les prestaron atención, se muestran como nodos aislados en la figura 4. Los tres problemas principales fueron mencionados por ambos grupos de edad.

Discusión

Los métodos utilizados permitieron visualizar los aspectos evolutivos y los problemas de planificación de la comunidad con base en la percepción de los residentes. No fue necesario el empleo de instrumentos largos y complejos, que algunas veces pueden resultar confusos. El estudio se llevó a cabo en la comunidad rural costera, donde incluso la gran mayoría de los residentes cuentan con escolaridad básica. Este elemento es esencial para reconocer los asuntos claves y el estado que se tiene en el manejo costero (Vázquez, Frausto-Martínez, y Alfredo Cabrera Hernández, 2020).

Una limitante del trabajo fue que solo se tomaron tres aspectos negativos para construir la red, sin embargo, según las resultantes (Figura 8.3 y Figura 8.4), permitieron dar una visión del *estatus* de la sustentabilidad turística de la comunidad. No obstante, en estudios posteriores, se recomienda ver la posibilidad de que la red sea conformada también por aspectos positivos.

Según el grado de los aspectos negativos relacionados al sector ambiental, se puede observar que no fueron tomados en cuenta como prioridad de los residentes. Existe una pequeña diferencia entre lo expuesto por personas con más de treinta años viviendo en la comunidad. Este segmento poblacional no asocia la existencia de problemas de índole ambiental, lo cual constituye una problemática que puede estar relacionada con la ausencia de organización comunitaria, aspecto negativo encontrado en la comunidad. Es por ello, que se deben reconocer y priorizar los inconvenientes y los elementos de control a seguir como una estrategia de desarrollo y monitoreo de indicadores de sustentabilidad (Aguilar-Becerra et al., 2019; Frausto-Martínez y Colín-Olivares, 2020).

Por otro lado, el apoyo gubernamental tiene un papel determinante en la evolución positiva de un destino. Pues, la presencia o ausencia del sector puede explicar por qué el *estatus* de la ruta actual, por ejemplo Playa Ventura, se encuentra en el estado al movimiento estable

(Aguilar-Becerra et al., 2019). Ello puede ser reflejo de la ausencia de organismos públicos de los diferentes niveles de gobierno. Este aspecto negativo está situado en cuarto lugar según los residentes de la comunidad (Figura 8.5). Los desencuentros han sido destacados en otros contextos costeros cuyos procesos de turistificación han priorizado la planificación de las comunidades (Vázquez et al., 2020).

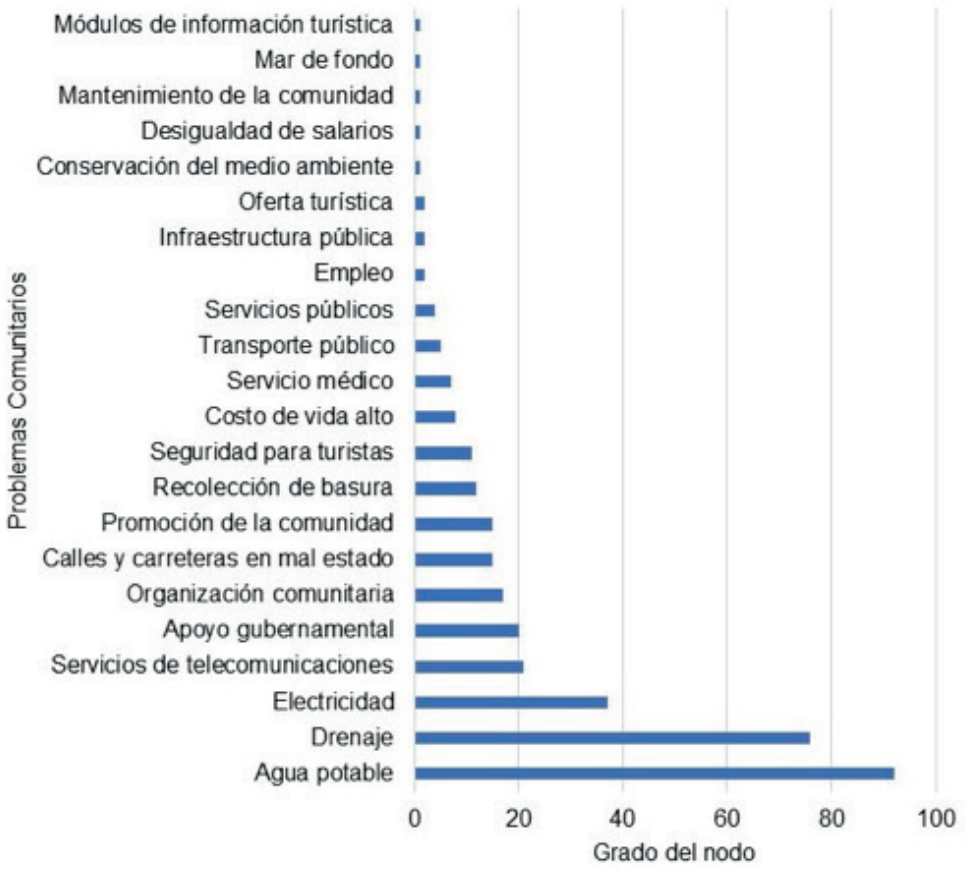


Figura 8.5. Grado del nodo de los problemas comunitarios de Playa Ventura, Guerrero México de acuerdo con la percepción de los residentes

Los resultados expuestos también revelan lo encontrado en otros trabajos académicos en comunidades con características similares en el Pacífico mexicano, por ejemplo: en Nayarit (Mendoza et al. (2018); Jalisco (Espinoza et al. (2016); Oaxaca (Vargas del Río (2015) y Avila-Foucat y Rodríguez-Robayo (2018). En estas obras los autores han reflejado problemáticas referidas a la gestión del agua, de residuos sólidos urbanos, ausencia de servicios públicos, entre otros aspectos negativos que también se reflejan en este trabajo.

Conclusiones

El análisis del crecimiento y los principales problemas de planificación de la CRC Playa Ventura indican que su sustentabilidad turística es carente, por ende, se propone la necesidad de intervención por parte de los involucrados en la toma de decisiones. También debe destacarse que las opiniones para la construcción de la red se derivan en gran parte del total de las viviendas particulares habitadas. Se puede argumentar que toda la comunidad se encuentra representada por al menos un miembro de cada familia.

Por otro lado, se reconocen las etapas de crecimiento de la comunidad, pues está sustentado en un proceso de evolución de los establecimientos turísticos, que reconoce cómo en la actualidad se encuentra la comunidad en una ruta con movimiento al estado constante.

Los procesos de planificación, en los últimos años, se fundamentan en la turistificación de las actividades económicas y se centra en los servicios de hospedaje y restaurante, que sustituye las actividades primarias que caracterizaban a la comunidad rural costera.

El reconocimiento de los temas claves, y el estado que guardan estos a través de indicadores, son aportes que pueden orientar las decisiones y fomentar las capacidades comunitarias para la planificación de las comunidades rurales costeras que están transitando a procesos de terciarización y abandono de la actividad primaria.

Referencias bibliográficas

Aguilar-Becerra, C. D., Frausto-Martínez, O., Avilés-Pineda, H., Pineda-Pineda, J. J., Soares, J. C., & Reyes Umaña, M. (2019). Path Dependence and Social Network Analysis on Evolutionary Dynamics of Tourism in Coastal Rural Communities. Sustainability, 11(18), 4854.

Avila-Foucat, V. S., & Rodríguez-Robayo, K. J. (2018). Determinants of livelihood diversification: The case wildlife tourism in four coastal communities in Oaxaca, México. Tourism Management, 69, 223-231.

Bramwell, B., & Cox, V. (2009). Stage and path dependence approaches to the evolution of a national park tourism partnership. Journal of Sustainable Tourism, 17(2), 191-206.

Brouder, P., Anton Clavé, S., Gill, A. M., & Ioannides, D. (2017). Why is tourism not an evolutionary science? Understanding the past, present, and future of tourism destination evolution. Tourism Destination Evolution. London: Routledge, 1-18.

Butler, R. W. (1980). The concept of a tourist area cycle of evolution: implications for management of resources. The Canadian Geographer/Le Géographe canadien, 24(1), 5-12.

Espinoza, S. R., Chávez-Dagostino, R. M., Palafox-Muñoz, A., & Andrade, R. E. (2016). Impactos del desarrollo turístico "Nuevo Cancún" en las comunidades de José Ma. Morelos y Pérula, en el estado de Jalisco. TURYDES Revista Turismo y Desarrollo local sostenible(21). http://www.eumed.net/rev/turydes/21/impacto.html

Frausto-Martínez, O., & Colín-Olivares, O. (2020). Indicadores de Sustentabilidad de la Política de Mares y Costas -México. Revista Costas, 1(2), 41-58. https://doi.org/10.26359/costas.0203

Ibañez, P., R. (2018). Medición de la sustentabilidad turística en una pequeña localidad costera a través de indicadores, barómetros y consulta a expertos. Nova scientia, 10(21), 475-523.

Lucero-Álvarez, A. (2016). Estudio de la capacidad de carga social percibida por los turistas que visitan playa ventura, Guerrero [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Guerrero (México)]. Acapulco de Juárez. http://ri.uagro.mx/bitstream/handle/uagro/337/14302406_TM2016_OK.pdf?sequence=1

Ma, M., & Hassink, R. (2013). An evolutionary perspective on tourism area development. Annals of tourism research, 41, 89-109.

Ma, M., & Hassink, R. (2014). Path dependence and tourism area development: the case of Guilin, China. Tourism Geographies, 16(4), 580-597.

Mariani, M., & Baggio, R. (2020). The relevance of mixed methods for network analysis in tourism and hospitality research. International Journal of Contemporary Hospitality Management. https://doi.org/10.1108/IJCHM-04-2019-0378

Mayo, C. A. (2017). Cultura turística como factor de desarrollo sustentable en la colonia Juan N. Álvarez, Municipio de Copala, Guerrero [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Guerrero (México)]. Acapulco de Juárez. http://ri.uagro.mx/handle/uagro/467

Mendoza, O. M. M., Hernández, E. R., & Osorio, G. M. (2018). El Centro Integralmente Planeado (CIP) Litibú (Nayarit) y sus efectos en la comunidad de Higuera Blanca: paradojas, reacciones y negociaciones. Turismo y Sociedad, 22, 65-84.

Rahmafitria, F., Pearce, P. L., Oktadiana, H., & Putro, H. P. (2020). Tourism planning and planning theory: Historical roots and contemporary alignment. Tourism Management Perspectives, 35, 100703. https://doi.org/10.1016/j.tmp.2020.100703

Sanz-Ibáñez, C., & Clavé, S. A. (2014). The evolution of destinations: Towards an evolutionary and relational economic geography approach. Tourism Geographies, 16(4), 563-579.

Sanz-Ibáñez, C., Wilson, J., & Clavé, S. A. (2017). Moments as catalysts for change in the evolutionary paths of tourism destinations. In Tourism destination evolution (pp. 93-114). Routledge.

Sautter, E. T., & Leisen, B. (1999). Managing stakeholders a tourism planning model. Annals of tourism research, 26(2), 312-328. https://doi.org/10.1016/S0160-7383(98)00097-8

Soares, J. C., Ivars-Baidal, A. J., & Gândara, J. M. (2016). Dinámica evolutiva y path dependence en los destinos turísticos litorales: El papel y la percepción de los agentes locales desde una perspectiva comparada. Estudios y perspectivas en turismo, 25(2), 164-185.

Tran, M. T., Jeeva, A. S., & Pourabedin, Z. (2016). Social network analysis in tourism services distribution channels. Tourism Management Perspectives, 18, 59-67. https://doi.org/10.1016/j.tmp.2016.01.003

Vargas del Río, D. (2015). Turismo de segundas residencias y turismo de naturaleza en el espacio rural mexicano. Estudios sociales (Hermosillo, Son.), 23(46), 290-312.

Vázquez, S. A., Frausto-Martínez, O., & Alfredo Cabrera Hernández, J. (2020). Models of Integrated Coastal Zone Management: comparative analysis and adoption proposal in the case of Akumal (México). Revista Costas, 2(1), 25-50. https://doi.org/10.26359/costas.0202

Williams, A. M. (2013). Mobilities and sustainable tourism: path-creating or path-dependent relationships? Journal of Sustainable Tourism, 21(4), 511-531. https://doi.org/10.1080/09669582.2013.768252

CONSTRUYENDO UN MODELO DE MIZC PARA LA SOSTENIBILIDAD DE AKUMAL, MÉXICO: APLICACIÓN DEL DECÁLOGO COMO MARCO DE PARTIDA

AIDÉ VÁZQUEZ-SOSA, OSCAR FRAUSTO-MARTÍNEZ,
ALFREDO CABRERA-HERNÁNDEZ,
ALEJANDRO PALAFOX-MUÑOZ

CAPÍTULO 9



Construyendo un modelo de MIZC para la sostenibilidad de Akumal, México: aplicación del Decálogo como marco de partida

Aidé Vázquez Sosa[1], Oscar Frausto Martínez[2], Alfredo Cabrera Hernández [3] y Alejandro Palafox Muñoz[4]
[1]Observatorio Urbano Riviera Maya, Universidad de Quintana Roo-Unidad Cozumel, México. Av. Andrés Quintana Roo y calle 110 sur. Cozumel, Quintana Roo, México.
[2,4]Universidad de Quintana Roo-Unidad Cozumel, México. Av. Andrés Quintana Roo y calle 110 sur. Cozumel, Quintana Roo, México.
[3]Observatorio «COSTATENAS», Universidad de Matanzas, Autopista a Varadero, km 3 ½, Matanzas, Cuba.
vazquez.aide@gmail.com

Introducción

La zona costera, espacio de diversas actividades socioeconómicas, de desarrollo urbano costero y de transportación, ha propiciado la demanda del sitio y de sus recursos naturales. Ello trae consigo diversos conflictos derivados de una alta concentración por actividades humanas sin un correcto manejo y gestión (Cabrera, Alfonso; Sánchez & Pérez, 2019). La actividad turística es uno de los principales factores de transformación de la zona costera (Dadon & Oldani, 2017; Nava et al., 2017). Las costas, además, son receptoras de impactos que se traducen en la contaminación de sus aguas, la deforestación, los cambios de uso de suelo, la pesca excesiva, el cambio climático, la erosión costera, la elevación del nivel del mar, el uso y abuso de los recursos naturales, la amenaza en la calidad ambiental, la desestabilización de la economía y los conflictos de uso; según refieren Cicin-Sain et al., 1998; Cummins & McKenna, 2010.

Se han presentado, ante tal panorama, múltiples enfoques y diversas prioridades en la gestión costera, pues constituye un tema relevante y recurrente en la actualidad, tanto en las agendas internacionales, nacionales y locales, como para la investigación científica y el mundo académico. (Dadon & Oldani, 2017; Birch & Reyes, 2018; Vázquez, Frausto & Cabrera, 2020).

En este contexto, los modelos de Manejo Integrado de la Zona Costera (MIZC) han demostrado ser una herramienta eficiente que incorpora el rol de la sociedad como uno de los elementos centrales (Olsen, Rubinoff, Ochoa & Vallejo, 2010), y el turismo como uno de los principales factores de transformación de la zona costera (Basraoui et al., 2011; Kojima et al., 2013; Soriani et al., 2015; Syafriny, 2015; Dadon & Oldani, 2017 y Nava et al., 2017). Se considera al Manejo Integrado de la Zona Costera (MIZC) como una aproximación relativamente joven, sin embargo, su epistemología ha tenido avances significativos en el tiempo y se han desarrollado importantes contribuciones metodologías (Pérez-Cayeiro et al., 2016).

La implementación de los modelos MIZC han contribuido con éxito en la resolución de conflictos (Stepanova, 2015) y pueden ser una vía hacia la sustentabilidad costera. El proceso de adopción del MIZC, en México, ha tenido avances significativos y de reconocimientos a nivel nacional e internacional. Actualmente, transita hacia una etapa de impulso con la publicación de la Política Nacional de Mares y Costas de México, en 2018. Sin embargo, aún se carece de una ley específica que integre el MIZC como herramienta que asegure el correcto manejo y gestión marino-costero.

De los distintos modelos existentes de MIZC, en el Caribe mexicano se han implementado dos: el del Decálogo del MIZC de la Red IBERMAR y el modelo propuesto por Olsen y la Red EcoCostas-LOICZ; los cuales se caracterizan por su aplicación a escala local y su carácter práctico. Al tener como antecedente estas experiencias, algunos autores como Vázquez, Frausto & Cabrera (2020) señalan que para la implementación a escala local puede ser de mayor utilidad la adopción de un modelo combinado de MIZC: Decálogo del MIZC y Olsen-EcoCostas-LOICZ (Figura 9.1).

Este modelo, denominado MIZC local, enfatiza como estudio previo el análisis de la gestión marino-costero por medio de diez aspectos claves descritos en el Decálogo del MIZC (Barragán, 2012, 2014; Barragán & Lazo, 2018): 1) Política, 2) Normativa, 3) Competencias, 4) Instituciones, 5) Instrumentos, 6) Formación y capacitación, 7) Financiamiento, 8) Conocimiento e información, 9) Educación para la sostenibilidad y 10) Participación ciudadana. Además, integra el uso de tres herramientas descritas en el modelo Olsen-EcoCostas-LOICZ: 1) Fuentes y mecanismo de gobernanza, 2) Ciclo de manejo y 3) Órdenes de resultados (Olsen, 2003; Olsen et al., 2006, 2009).

La presente investigación contribuye al desarrollo de un modelo combinado del MIZC local con la realización de un estudio previo del análisis de la gestión marino-costero de la



Figura 9.1. Modelo combinado de Manejo Integrado de la Zona Costera de aplicación local
Fuente: elaboración propia

comunidad de Akumal, Quintana Roo, por medio de los diez aspectos clave descritos en el Decálogo del MIZC. La comunidad constituye un sitio pionero de actividad turística en la Riviera Maya del Caribe mexicano; ha transitado por fuertes cambios en la gestión de los conflictos, la gobernanza y el espacio costero. Por estas razones, se ha tomado como caso piloto referente a otras comunidades en la misma zona turística.

Los resultados y conclusiones son precedentes para continuar con el desarrollo y aplicación de un modelo combinado de MIZC local para Akumal y para otras comunidades costeras de la Riviera Maya.

Aspectos metodológicos de la investigación

La metodología empleada en la investigación constó de tres partes:

1. Se realizó una caracterización de la dimensión espacial, turística y sociocultural de Akumal, mediante la revisión de trabajos publicados de la zona de estudio, docu-

mentos institucionales y recorridos de campo, que permitieron su clasificación en tres grandes dimensiones para su análisis.

2. Se desarrolló un análisis histórico de los procesos de transformación y de la estructura social, así como sus relaciones y dinámicas asociadas a la gestión costera, a partir de la sistematización de la información de documentos históricos y actuales, actas de asamblea, copias certificadas de escrituras públicas, juicios de amparos, actas de sesión de cabildo, notas periodísticas e instrumentos normativos; lo que posibilitó la identificación de siete dimensiones y seis hitos de análisis.
3. Finalmente, se aplicó un análisis multi-escala con particular énfasis en lo local tomando los diez aspectos clave descritos en el Decálogo del MIZC (Barragán, 2012, 2014; Barragán & Lazo, 2018). Para cada elemento se realizó una revisión exhaustiva de fuentes primarias y secundarias en lo local, municipal, estatal y federal.

Resultados y discusión

Caracterización de las dimensiones: espacial, turística y sociocultural

Dimensión espacial

El estado de Quintana Roo posee una extensión de 1,176 kilómetros de longitud y está constituida por once municipios, de los cuales diez son costeros y uno al interior del continente (Rojas, Frausto, Tun & Ihl, 2014; Vázquez, 2020).

Akumal es una localidad del municipio costero de Tulum en el estado de Quintana Roo, ubicada en el corredor turístico Riviera Maya del Caribe mexicano (Figura 9.2). Es una de las localidades con mayor población de la región (2,154 habitantes en 2020), donde se han establecido asentamientos humanos denominados «pueblos de apoyo turístico». Estas se caracterizan por ser localidades fundadas en áreas despobladas a partir de los enclaves turísticos, que proveen del soporte laboral a escala menor (camaristas, meseros, choferes, jardineros, vendedores, ayudantes de mantenimiento y de cocina), donde la empresa les brinda las facilidades de hospedaje y alimentación a los recientes migrantes (Vázquez, Frausto, Fraga & Mejía, 2019).

La Bahía Akumal, tradicionalmente ha sido caracterizada por ser sencilla, sin embargo, se encuentra formada por un sistema complejo con características naturales, infraestructura turística y de experiencia en su gestión, con ejercicios importantes para hacer frente a sus propios retos. La zona está constituida por una caleta llamada Yal Ku, y tres bahías pequeñas: Bahía Media luna, Bahía Akumal y Bahía Aventuras Akumal.

Yal Ku es una caleta formada por plataformas rocosas sin playa, con entrada de agua dulce e infraestructura turística (palapas, monumentos, restaurante y turoperadores). La Bahía Media luna es una playa arenosa acumulativa al centro, de poca profundad, con plataforma rocosa a los extremos, con parches de coral y pasto marino, con infraestructura turística (condominios, hoteles, restaurantes, casas de verano, embarcaciones, camastros, palapas y muelle privado).

Bahía Akumal es una playa mayormente arenosa, zona de avistamiento y anidación de tortugas. También cuenta con infraestructura turística de hoteles, condominios, restaurantes, tiendas de buceo, embarcaciones, palapas, camastro, actividades de nado con tortugas y buceo, un centro ambiental (Centro Ecológico Akumal), cooperativas turísticas, turoperadores y acceso público a la playa. Con características similares, Bahía Aventuras Akumal es una playa arenosa con plataforma rocosa a los extremos que también cuenta con zona de anidación de tortugas, y prevalecen en ella infraestructura de hoteles, condominios, restaurantes, tiendas de buceo, embarcaciones, palapas, camastros, y otras como geotubos.

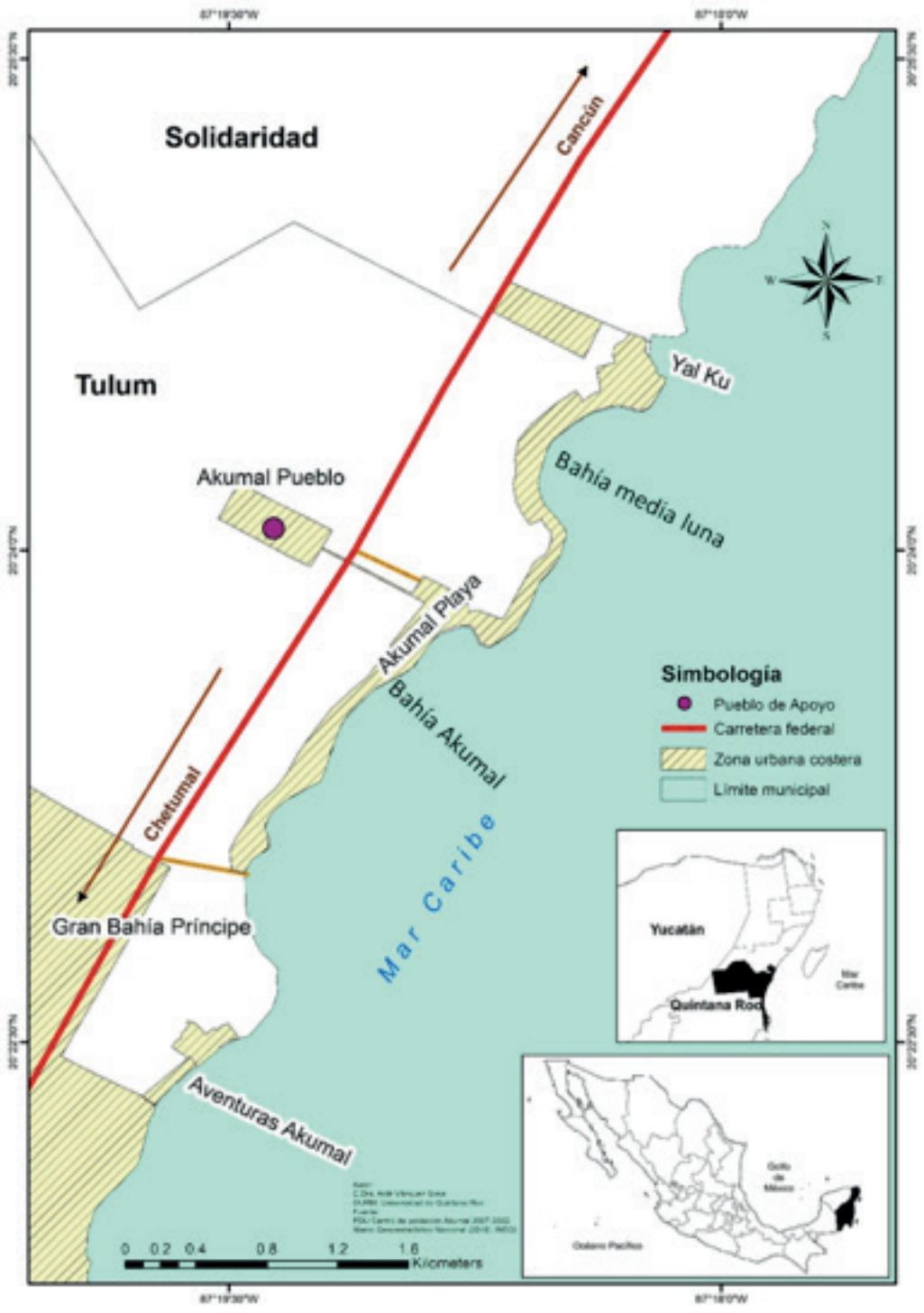


Figura 9.2. Zona de estudio

Fuente: PDU Akumal 2007-2032; Marco Geoestadístico Nacional, INEGI

Dimensión turística

Akumal, primer enclave turístico de la costa, ha tenido un proceso de transformación, con importantes momentos en lo económico, socioambiental, político, organizativo y turístico (Vázquez et al., 2019). Su actividad económica inició en 1940 con la comercialización de la copra, sin embargo, su transición a la actividad turística se consolidó en 1975, cuando el territorio costero se privatizó e inició el desarrollo turístico (Vázquez, 2014). Los primeros registros en tal sentido se refieren al Club de Yates Akumal Caribe A.C., en 1968. Al año siguiente, se constituyó el primer centro de hospedaje denominado «Los Bungalows». En 1972, se construyó el conjunto «Villa Maya», el museo, el acceso principal a la playa e instalaciones (tienda de buceo, espacios de reunión) para recibir a los buzos, marineros y exploradores del barco hundido «El Matancero» (Vázquez et al., 2019).

Para el año 2007, Akumal contaba con 24 hoteles y un total de 2,568 habitaciones. Para el 2015 se inaugura el hotel «Secrets», con 434 habitaciones; cuya ocupación hotelera para el 2017 era de 84.9 % (DATATUR, 2017). Cuenta con más de treinta sociedades cooperativas que brindan el servicio guiado de nado con tortugas, entre las oficiales y otras sin registro. El desarrollo del turismo elevó la importancia de la zona costera al aumentar el número de actividades productivas que en ella se realizan (pesca deportiva, recorridos guiados de nado con tortugas, buceo, servicios de hospedaje, restaurantes, pequeños comercios, entre otras); todos estos bienes y servicios determinan la actual dinámica económica de Akumal.

Dimensión sociocultural

En el punto donde se ubicó el enclave turístico se creó un pueblo de apoyo a esta actividad que atrajo migración interestatal de las zonas rurales de Yucatán entre 1974 y 1983. La mayoría de las personas provenían de las comunidades de Kantunil, Sotuta, Valladolid, Ticul y Tizimin; parlantes de la lengua Maya, que pasaron del trabajo en el campo, la panadería, la zapatería y el comercio a desempeñarse como camaristas, garroteros, meseros, marineros y a realizar labores de mantenimiento. Posteriormente, la población fue creciendo hasta formar una red social que logró consolidar una comunidad con estructura socio-espacial (vivienda, esparcimiento y comunidad), donde las redes de amistad y los lazos de parentesco han sido fundamentales (Vázquez et al., 2015a). Los momentos históricos de Akumal han sido determinados por su actividad turística y la llegada de la mano de obra soporte

de la misma, todo lo cual configura en el tiempo una división espacial entre la zona costera (infraestructura y servicios turísticos) y tierra adentro con las viviendas de los trabajadores del turismo.

Los procesos de transformación en el tiempo

Las memorias de Akumal se describen en una línea de tiempo de setenta y ocho años, donde se ha construido una comunidad con estructura socio-espacial, y de vocación turística, que ha implicado la modificación de la estructura social y su morfología espacial (Vázquez et al., 2019).

La sistematización de los datos permitió la identificación de siete dimensiones y seis hitos, como se observa en la Figura 9.3. La dimensión Ambiental, corresponde a los fenómenos que han afectado al ecosistema y han repercutido en la comunidad; la Política, manifiesta los momentos estratégicos sobre las negociaciones de la tierra; la Social, reconoce los mecanismos de presión y los momentos de consolidación de la comunidad; la Turística, recopila los datos de los proyectos de infraestructura turística que permitieron la consolidación de la actividad; la Instrumental, identifica los documentos vinculados a la gestión costera con incidencia a escala local; la Económica, considera las decisiones institucionales que tienen un costo o beneficio para la economía de la comunidad basada en el turismo, y la Socio-organizativa, comprende los procesos de acción colectiva que se han manifestado con respecto al acceso a la playa.

La Playa, La Cancha, Los Jatos, El Crucero, El Pueblo y la coyuntura espacial actual, representan los hitos reconocidos desde el punto de vista histórico-social, y son asociados a los momentos claves que suceden en el lugar, como se visualiza en la Figura 9.4. En La Playa acontece la presencia de la primera familia, el declive de la comercialización de la copra, la privatización del espacio costero y la construcción de infraestructura turística. La Cancha, por su parte, se reconoce como el primer enclave turístico de la Riviera Maya, antes que Cancún y la llegada de los primeros trabajadores del turismo. En Los Jatos, la capacidad de la infraestructura de vivienda para los trabajadores es excedida y la actividad turística altamente demandada, desencadenando la invasión de terrenos en zonas de manglar, con viviendas de estilo aldea construidas de materiales naturales como paja, madera y cartón. Por su lado, El Crucero, en coordinación con instituciones de gobierno e iniciativa privada, se consolida a cinco kilómetros de Akumal y aparece el primer centro urbano de interés social

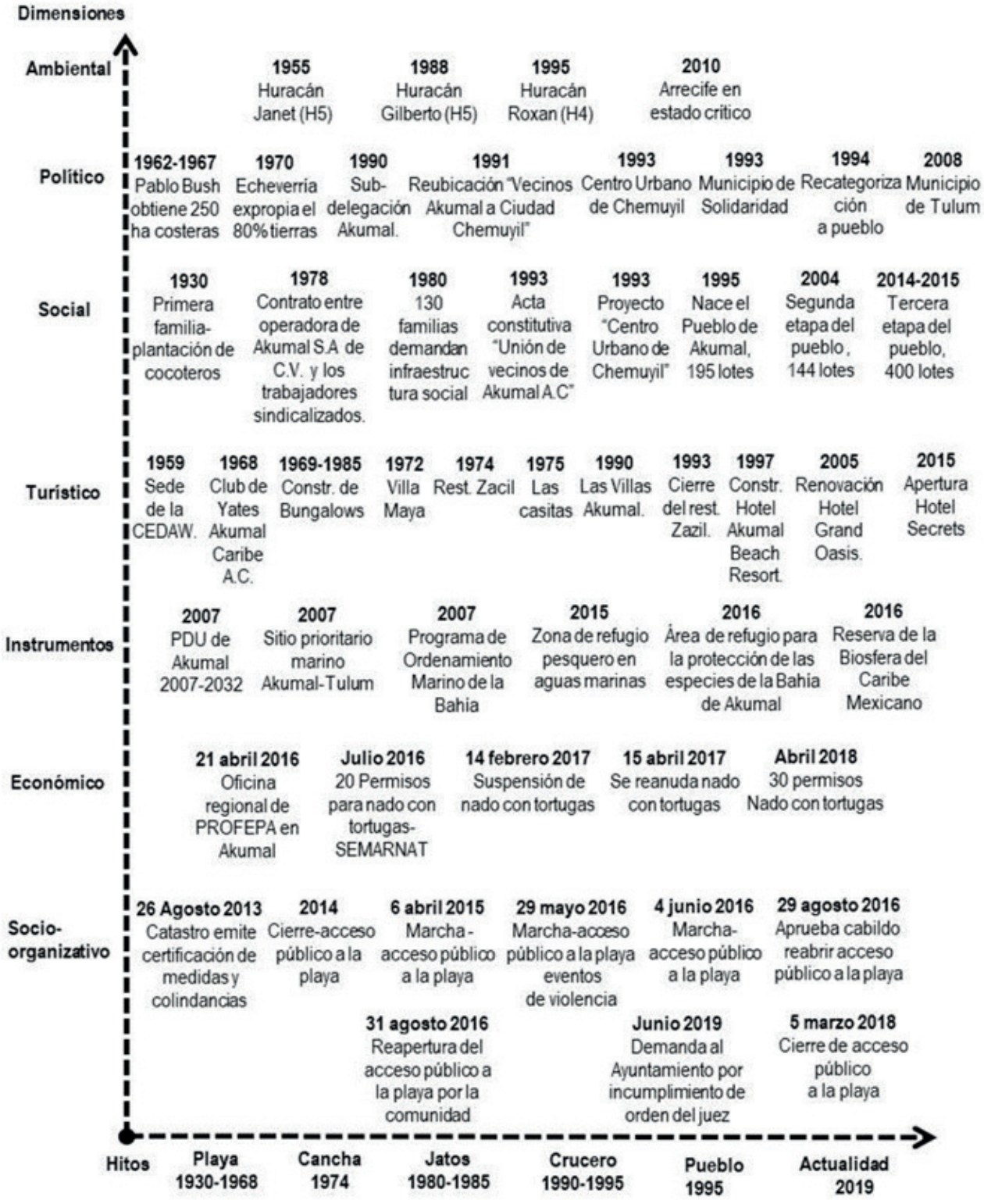


Figura 9.3. Análisis histórico

Fuente: elaboración propia con base en Vázquez et al., 2019.

para los trabajadores del turismo, en respuesta la comunidad organizada se asienta en terrenos del estado. El Pueblo, por otra parte, es la consolidación de un patrimonio en Akumal como pueblo de apoyo turístico.

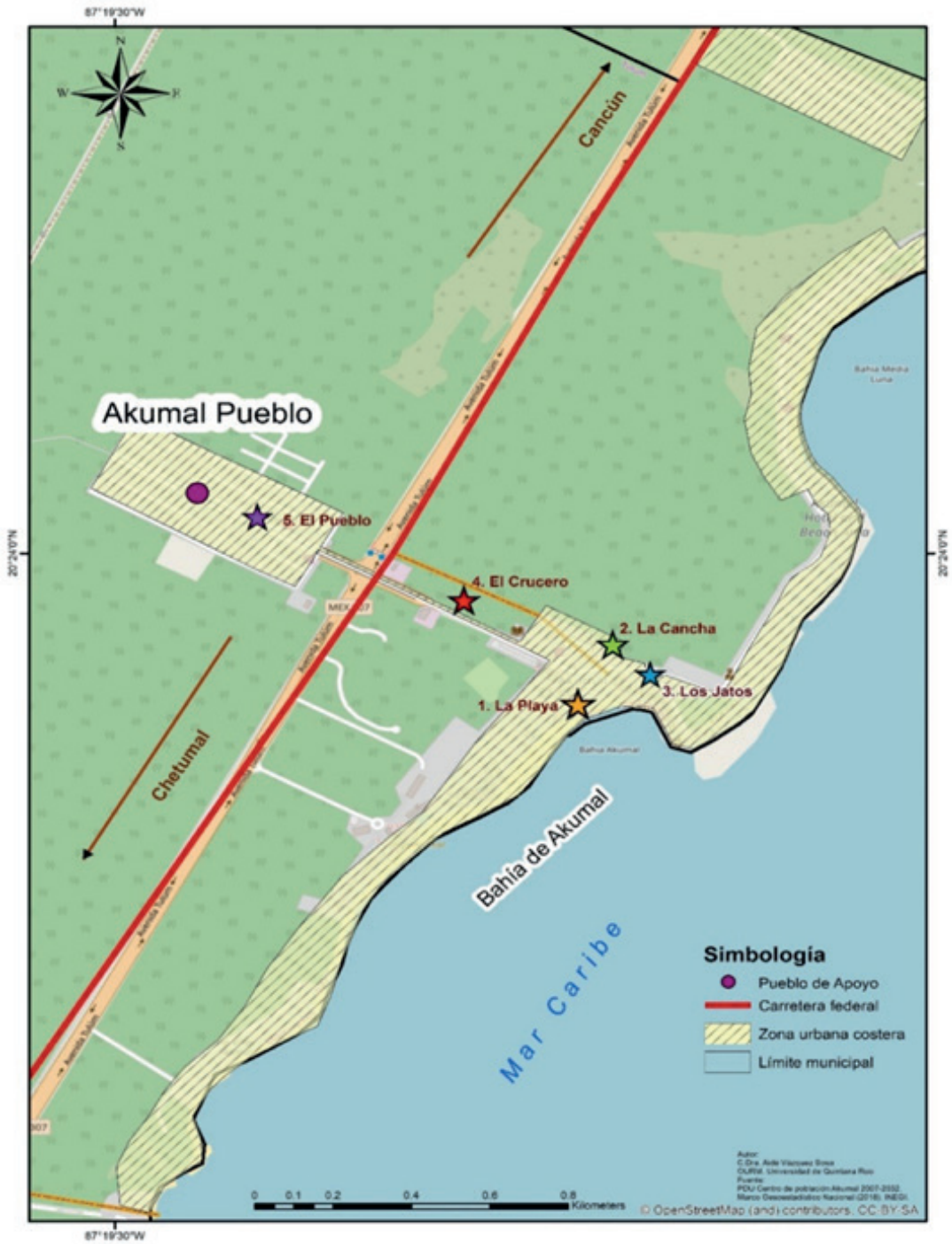


Figura 9.4. Los momentos de Akumal
Fuente: elaboración propia con base en Vázquez et al., 2019

La relación entre las dimensiones y los hitos permite observar que las relaciones y dinámicas que se han establecido a lo largo del tiempo responden a la existente entre el factor económico y el crecimiento de la comunidad, dejando al descubierto asuntos de manejo prioritarios: la especulación de la tierra, la privatización del patrimonio costero, la apropiación del espacio por desarrolladores, masificación del turismo, invasión de tierras, polarización de la comunidad, desplazamiento forzado y la consolidación de los pueblos de apoyo-segregación; análisis indispensable en el proceso de implementación de un modelo combinado de MIZC local.

La gestión costera-marina: aplicación del Decálogo del MIZC

Los elementos del Decálogo de Manejo Integrado de la Zona Costera de análisis en la gestión pública costera-marina, propuesto por Barragán (2014) (Cabrera et al., 2020), han sido aplicados en México a través de la Red IBERMAR, principalmente a escala nacional (Tovilla, Pérez & Arce, 2010), y recientemente Nava, Arenas & Cardoso (2018) lo implementaron al estado y municipio de Campeche. Como se trata de un modelo adaptable, se presentan los resultados de su aplicación a multi-escala, con particular énfasis en lo local (Tabla 9.1).

Tabla 9.1. La gestión costera-marina de Akumal: aplicación del Decálogo

1. Política	En noviembre del 2018 se expidió la Política Nacional de Mares y Costas de México, lo cual marca uno de los momentos de mayor relevancia en la transición a un enfoque de MIZC, ya que reconoce su atención a los ecosistemas, la calidad de vida de la sociedad y las actividades económicas con visión a largo plazo.
2. Normativa	Se cuenta con una base de regulación robusta con incidencia en la gestión de la zona costera; sin embargo, se caracteriza por una sobre regulación, inconsistencia y falta de congruencia entre los diversos instrumentos jurídicos, así como «lagunas» jurídicas, la desarticulación de competencias, y el bajo nivel de control y vigilancia.
3. Competencias	Ante la necesidad de una institución específica en MIZC, la gestión recae en diversas instituciones, unas con mayor responsabilidad que otras, que se han caracterizado por falta de claridad en las competencias de la gestión marino-costero, y en los mecanismos de articulación entre los diferentes niveles de jurisdicción, sin sobreponer funciones o vacíos.
4. Instituciones	A escala municipal, se cuenta con el Consejo de Cuenca y el Comité de playas limpias Cancún-Riviera Maya; sin embargo, se carece de una dependencia propia del Manejo Integrado de la Zona Costera.

Tabla 9.1 La gestión costera-marina de Akumal: aplicación del Decálogo (continuación).

5. Instrumentos	Se identifican los instrumentos con énfasis en la planificación del territorio y lo ambiental, en sus diferentes niveles: macro, regional y los específicos a escala local, estos últimos orientados a la actividad económica de la Bahía de Akumal.
6. Formación y capacitación	El sector educativo a nivel estatal ofrece programas de licenciatura, maestría y doctorado con incidencia en la gestión costera y una cátedra internacional en MIZC, lo que favorece la formación de profesionales especializados y la generación del conocimiento para la toma de decisiones.
7. Financiamiento	Se identifican tres fuentes principales de financiamiento o recaudación vinculadas a la zona costera; sin embargo, en la transición del ejercicio de generar presupuesto para la implementación del MIZC, existe falta de claridad en su administración.
8. Conocimiento e información	La localidad de Akumal encuentra una fortaleza en la generación de información académica y técnica, su contexto sociopolítico, económico y ambiental. Sin embargo, se carece de un repositorio de los estudios realizados y la información se encuentra dispersa.
9. Educación para la sostenibilidad	En la Riviera Maya han sido dieciocho años de esfuerzos en la formación de recursos humanos en MIZC. Sin embargo, no forma parte de un programa de creación perdurable de capacidades locales, va en dependencia del actor y momento político que reconozca su importancia.
10. Participación	Los ejercicios de participación en los asuntos específicos de la zona costera se han visto reflejados en una participación activa orientada a la defensa, recuperación de los recursos costeros y su acceso.

Fuente: elaboración propia

Contexto de aplicación de la herramienta: Decálogo de Akumal

Política

En la actualidad, el país cuenta con una política dirigida a las zonas costeras. La Política Nacional de Mares y Costas de México (PNMCM) plantea, en un decreto publicado el 30 de noviembre del 2018, «mejorar la situación de las zonas marinas y costeras de México, mediante una gestión que induzca el desarrollo económico y social sin menoscabo del patrimonio natural de estas regiones» (DOF, 2018).

Sin embargo, en su contenido persiste la ausencia de una propuesta de desarrollo e implementación del Manejo Integrado de la Zona Costera. De igual manera, es importante considerar que en el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 (PND) tampoco existe una referencia vinculada al tema. La misma situación se refleja a escala estatal en el Plan Estatal de Desarrollo de Quintana Roo 2016-2022 (PED, 2016). Es decir, el Manejo Integrado de la Zona

Costera necesita consolidarse como una prioridad nacional. Resulta importante destacar que, a escala municipal, en el Plan Municipal de Desarrollo de Tulum 2018-2021 (PMDT, 2018), sí se hace referencia específica a la gestión integrada de playas.

Normativa

La regulación con incidencia en la gestión de la zona tiene su base jurídica en la Constitución Mexicana, así como en Leyes, Reglamentos, Normas, Convenios y Acuerdos. En el marco federal se destaca la primera Política Nacional de Mares y Costas, en lo regional es parte del Área natural protegida de tipo Reserva de la Biosfera del Caribe Mexicano (Isla Mujeres, Benito Juárez, Tulum, Puerto Morelos, Solidaridad, Cozumel, Bacalar y Othón P. Blanco) (DOF, 2016b).

En lo local, y en respuesta a las diversas presiones ambientales derivadas del turismo, la salud del arrecife de coral se considera en estado crítico (Garza, Mata, García & Schirp, 2010 y Mata, Garza, Aranda & de Almeida, 2018). Esto genera una serie de acciones en favor de la gestión costera, con implicaciones restrictivas (en la Figura 9.5se observa su escala de aplicación).



Figura 9.5. Experiencia en la Gestión marino-costero

Fuente: elaboración propia con base en CONABIO-CONANP-TNC-PRONATURA, 2007; POBAK, 2007; DOF, 2015; DOF, 2016a; DOF, 2016b; DOF, 2017

Entre 2007-2008, se propuso el Programa Comunitario de Ordenamiento Marino de las Bahías de Akumal (POBAK), en alianza con tiendas de buceo, hoteles y operadores turísticos y la capitanía de puerto, tomando como mecanismo el permiso de aprovechamiento no extractivo para el avistamiento de tortugas, la firma de un convenio de colaboración, la creación de un fondo y un comité para el ordenamiento de la bahía, con el fin de ordenar las actividades turísticas en el mar (Maldonado y Sánchez, 2007). Sin embargo, la iniciativa en la actualidad no tiene continuidad.

En abril del 2015, se estableció la zona de refugio temporal como medida de manejo para la conservación y aprovechamiento sustentable de las especies de interés pesquero. Con el nombre oficial de «Acuerdo por el que se establece una zona de refugio pesquero en aguas marinas de jurisdicción federal ubicadas en la zona de Akumal en el estado de Quintana Roo», en el 2021 será sometido a evaluación (DOF, 2015).

En marzo del 2016, se estableció una zona de refugio para la protección de especies a fin de conservar el hábitat de pastos marinos, tortugas marinas (verde, carey y caguama), la barrera arrecifal (cuerno de alce, cuerno de ciervo, corales blandos o abanico de mar), los manglares (mangle blanco, mangle botoncillo, y mangle rojo), y especies pesqueras como el mero y la langosta. Con el nombre oficial de «Acuerdo por el que se establece con el nombre Bahía de Akumal el área de refugio para la protección de las especies que se indican, la porción marina que se señala en el estado de Quintana Roo», es reconocida como zona de recreación y esparcimiento (DOF, 2016a).

Al año siguiente, en octubre del 2017, se publicó el «Programa de área de refugio para la protección de especies marinas Bahía de Akumal», con una extensión de mil 653 hectáreas de descanso y alimentación de tres especies de tortugas y presencia de corales. Entre los criterios establecidos se destaca el impulso a la generación del conocimiento y el desarrollo de actividades productivas de la comunidad local mediante un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales (DOF, 2017). A pesar del esfuerzo de la normativa, se reconoce que, en la práctica, su aplicación es sectorial y desarticulada.

Competencias

El compromiso de una gestión costera sustentable recae en diversas instituciones. A nivel federal, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) es la principal

responsable de su promoción (Rivera-Arriaga et al., 2020), en vínculo con otras dependencias: Zona Federal Marítimo Terrestre, Procuraduría Federal de Protección Ambiental, Secretaría de Marina, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, entre otras (DOF, 2018).

Lo anterior repercute a escala local en los actores de Akumal, las organizaciones civiles y ambientales, las cooperativas turísticas y las tiendas de buceo, fungiendo como observadores e informantes directos. Sin embargo, debido a que en México no existe una institución específica al MIZC, se enfrenta el reto de la definición de competencias claras en el ámbito de gestión marino-costero, y de mecanismos de articulación entre los diferentes niveles de jurisdicción, a fin de evitar sobreponer funciones o vacíos e impulsar una gestión de competencia desde lo local.

Instituciones

La coordinación interinstitucional es indispensable en el diseño de políticas públicas, el acceso a información para la toma de decisiones y el marco de acción. Por ser instituciones federales, en la zona tienen incidencia la Procuraduría Federal de Protección Ambiental (PROFEPA), la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), la Secretaría de Turismo (SECTUR), la Secretaría de Marina (SEMAR), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (DOF, 2018; Frausto & Colín, 2019); además del Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán, que a escala local se auxilia, desde el 2003, del comité de cuenca de Tulum y del Comité de playas limpias Cancún- Riviera Maya (CPL CRM, 2016). A nivel estatal, funcionan las representaciones de ecología y medio ambiente, desarrollo urbano, planeación (DOF, 2018); así como a nivel de cada municipio existen instituciones de fiscalización, catastro, sistema de alcantarillado, entre otras.

Lo anterior demanda una coordinación a escala local con los actores, y evidencia la necesidad de una institución específica al MIZC. La principal referencia es la Comisión intersecretarial para el manejo sustentable de mares y costas (CIMARES), pero a su nivel no se subordina lo municipal.

Instrumentos

El Estado de Quintana Roo cuenta con diversos instrumentos sobre manejo costero. Entre estos, los de ordenamiento territorial, como los planes y programas de desarrollo urbano, así como los Programas de Ordenamiento Ecológicos Territoriales (POET corredor Cancún-Tulum, 2001; Zona continental del municipio de Isla Mujeres, 2001; Isla Cozumel y su área marina de influencia, 2002; Costa Maya, 2000; Zona costera de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka´an, 2002 y Laguna Bacalar, 2005) (PED, 2016).

La Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUVI) reconoce el Programa Estatal de Desarrollo Urbano de Quintana Roo del 2002 (PEDU, 2002), que inició un proceso de actualización en el 2012, y que aún permanece sin ser publicado (PED, 2016). A nivel local cuenta con el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Akumal, publicado el 13 de diciembre del 2007 y que, hasta la fecha, no ha sido modificado (PDU Akumal, 2007). Por la parte marina costera, se registra el decreto de Zona de refugio pesquero (2015) y el Refugio de protección de especies (2016) (DOF, 2015; DOF, 2016a). Recientemente, se ha publicado y sometido a consulta pública el Programa Municipal de Ordenamiento Territorial Ecológico y Desarrollo Sustentable de Tulum, en julio del 2019 (PMODETUS TULUM-SEDETUS, 2019).

Se destaca, respecto a instrumentos con incidencia en el manejo costero, el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (de Tamaulipas a Quintana Roo), realizado en coordinación con los tres niveles de gobierno y el sector académico, publicado en Diario Oficial de la Federación el 24 de noviembre del 2012 (DOF, 2012) y el Área Natural Protegida Caribe Mexicano-Reserva de la Biosfera, de tipo federal, decretada el 7 de diciembre del 2016 (DOF, 2016b).

Quintana Roo cuenta con 27 áreas naturales protegidas entre terrestres y marinas, de las cuales diecisiete son de tipo federal y diez de tipo estatal (PED, 2016). Además del Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán, el cual a escala local se auxilia del Comité de Cuenca de Tulum y del Comité de playas limpias Cancún-Riviera Maya, desde el 2003 (CPL CRM, 2016).

Estos instrumentos de gestión marino-costero han tenido, entre otros efectos, la restricción y, en algunos casos, la prohibición de actividades elementales para las poblaciones locales costeras (Palafox-Muñoz & Arroyo-Delgado, 2020).

Formación y capacitación

Se destaca la labor de la Universidad de Quintana Roo con la impartición de programas de investigación con incidencia en la gestión costera, principalmente en la unidad académica Cozumel y Chetumal. En primera instancia se cuenta con la Licenciatura en Manejo de los Recursos Naturales, que tiene presencia en ambos campus. A nivel de posgrado se imparten dos maestrías: la primera en Gestión Sustentable del Turismo y la segunda en Ciencias Marinas y Costeras, así como el doctorado en Desarrollo Sostenible, con especialización en manejo de los recursos costero e insulares; todo lo cual ha formado una generación de profesionistas en investigación del manejo sustentable marino-costero. Con el objetivo de continuar desarrollando actividades de formación, se ha consolidado la Cátedra Internacional en MIZC Stephen Olsen, conformada por Universidades Latinoamericanas y con sede en la Universidad de Quintana Roo-Unidad Cozumel.

En el contexto local, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), considera a Akumal un área de la investigación, lo que ha creado conciencia para proteger los recursos naturales y la herencia natural (Castillo, 2014). Este hecho ha favorecido el interés en la generación de conocimiento, tanto de instituciones en colaboración con centros de investigación, así como de universidades a nivel nacional e internacional. Además, se aúnan los esfuerzos de los investigadores que, por cuenta propia, generan trabajos motivados por el contexto sociopolítico, económico y ambiental de la zona.

Financiamiento

La revisión de los recursos de la zona costera ha permitido la identificación de tres alternativas de financiamiento, reflejadas en la tabla 2; sin embargo, la información de inversión propia en la zona costera es escasa y con acceso limitado (Barragán, 2014). Por otro lado, se reconoce que se atraviesa por la fase inicial de una transición en el ejercicio del financiamiento propio para la gestión costera, con inversión principalmente pública, pero con la apertura de la iniciativa privada, reconociendo de esta forma los primeros registros de las finanzas exclusivamente generadas y dirigidas para el MIZC; pese a lo anterior, al ser incipiente no es clara su administración (Vázquez, 2020).

Tabla 9.2. Fuentes de financiamiento y líneas de atención de acuerdo al origen del recurso

Fuente de financiamiento	Asignación de recursos
Ley Federal de Derechos	Vigilancia (verificación del cumplimiento del marco legal)
	Administración (delimitación, censo de ocupantes, zonificación ecológica y urbana en los usos de suelo)
	Mantenimiento (conservación del buen estado de la zona federal marítimo terrestre)
	Preservación (proyecto y obras que restauren los cambios por desastres)
	Limpieza de la zona federal marítimo terrestre
Derecho de saneamiento ambiental	Conservación y mantenimiento de playas
	Tratamiento integral de residuos sólidos urbanos
	Alumbrado público
	Eliminación de tiraderos de basura a cielo abierto
	Seguridad pública y protección
	Calidad y servicio de agua potable y drenaje sanitario
	Gestión del adecuado uso de cenotes y cuevas
	Atención del sargazo
Fideicomiso MIZC	Conservación, restauración, mantenimiento y saneamiento de playas, arrecifes, lagunas y manglares (planes, estudios, obras, programas y proyectos)
	Infraestructura en medio ambiente y turística (planes, estudios, obras, programas y proyectos)

Fuente: elaboración propia con base en DOF-Ley de derechos, 2018; Decreto 034, 2016; FIDEICOMISO, 2018

Conocimiento e información

La localidad de Akumal encuentra una fortaleza en la generación de información académica y técnica, en su contexto sociopolítico, económico y ambiental, con un fuerte peso en este último, con trabajos sobre el ecosistema marino: la calidad del agua, distribución y abundancia de arrecifes, pastos marinos y peces, así como los efectos antrópicos fácilmente reconocibles: la transformación del paisaje, la urbanización para los habitantes, el desarrollo turístico, la deficiencia en el tratamiento de aguas residuales, de residuos sólidos y drenaje, entre otros (Manuel-Navarrete, 2012; Frausto et al., 2015; Vázquez et al., 2015a, 2015b, 2019; Mata et al., 2018; Labrada et al., 2017; Molina, Garza y Aranda, 2018).

Los estudios de tipo socioambiental y político se relacionan con los momentos previos a los decretos de gestión de la zona costera, y se reconoce la necesidad de un repositorio de los estudios realizados, debido a su dispersión.

Educación para la sostenibilidad

Durante dieciocho años se han realizado esfuerzos en la formación de recursos humanos en MIZC, que tienen sus inicios en el 2001 con cursos, talleres, congresos y reuniones impartidas por expertos académicos y técnicos. Estas enseñanzas han sido orientadas, principalmente, a los gestores públicos e involucran a las organizaciones civiles con incidencia en la Riviera Maya. Se ha establecido, entre las estrategias y acciones del Plan Municipal de Desarrollo de Tulum 2018-2021, la formulación de programas municipales de educación ambiental, con la finalidad de crear conciencia de un desarrollo sustentable e integral.

En lo local, se posee una amplia experiencia en la gestión costera, en su aspecto social y ambiental, debido a la dinámica de apropiación del espacio costero que genera conflictos de uso, acceso y control. Sin embargo, no forma parte de un programa de creación de capacidades locales que perdure en el tiempo, va en dependencia del actor y momento político que reconozca su importancia, lo que debilita los avances en la creación de capacidades locales y la colaboración entre actores (Vázquez, 2020).

Participación

Akumal es una comunidad que ha tenido que demandar su patrimonio y su derecho de acceso a los recursos costeros y a los servicios básicos, mediante una participación activa como comunidad en diversos contextos y grupos (estudiantiles, líderes sociales, activistas políticos y en las convocatorias públicas) (Vázquez et al., 2015b). Se destaca su cohesión social en las gestiones para obtener un patrimonio familiar, en la solicitud de mejoras urbanas y la situación de privatización del acceso a la playa pública, razón detonante de una serie de marchas sociales, y, por otra parte, las acciones legales que han efectuado durante seis años y continúan demandando el derecho como comunidad (tras la privatización del acceso público a la playa, en mayo del 2018).

Conclusiones

La presente investigación defiende y argumenta la conveniencia de adoptar un modelo combinado para el diseño e implementación del MIZC a escala local, con la utilización del «Decálogo del MIZC» como base de partida. Esta herramienta aporta una panorámica general de los marcos políticos-normativos e institucionales en los cuales se desarrolla la iniciativa o programa de MIZC. Se facilita así la aplicación de las herramientas propuestas por Olsen-Ecocostas-LOICZ, las cuales contribuyen a conformar un «sistema anidado» que articula la escala nacional y regional con la escala local. Procura, además, la incorporación de los actores locales claves en el planeamiento e implementación de la protección y manejo de las zonas costeras.

La revisión de consideraciones y trabajos realizados por otros autores e instituciones ha permitido apreciar que, en la mayoría de los casos y experiencias concretas, se ha tomado partido por un determinado modelo de MIZC, mientras que en el presente trabajo se argumenta la conveniencia de avanzar hacia un modelo combinado para el diseño e implementación del MIZC a escala local, aunque reconociendo la utilización del «Decálogo del MIZC», como base de partida para el análisis.

Los autores del presente trabajo defienden la tesis de un enfoque holístico y combinado de los modelos del MIZC, lo cual permitirá trascender el manejo sectorial y de diferentes escalas desconectadas, y avanzar hacia un planeamiento basado en las interacciones dentro y entre los socio-ecosistemas, en sus múltiples escalas, con una perspectiva de largo plazo y con un manejo adaptable que integre los saberes y actores.

Sin embargo, para avanzar en la dirección que se defiende es imprescindible enfrentar con acierto diversas limitaciones y retos que actualmente prevalecen, y para ello se requiere que los mecanismos de aprendizaje y de acción conjunta operen, no solo en el nivel local, sino también en estrecha articulación con la escala regional y nacional; y que, en la evaluación de una iniciativa concreta, haya retroalimentación y se integren las políticas públicas para los usos de los ambientes costeros.

Precisamente se espera que los resultados y conclusiones de la presente investigación sean una contribución y un estímulo para superar tales limitaciones y retos, así como continuar con la mejora en la adopción del modelo combinado de MIZC que se propo-

ne, extendiendo su aplicación en otras localidades costeras de la Riviera Maya y de todo México.

Agradecimientos

El presente trabajo se desarrolló en el marco de colaboración y trabajo de la Cátedra Internacional del MIZC Stephen Olsen y responde a la línea de investigación: Integración de herramientas en MIZC: casos pilotos.

Referencias bibliográficas

Barragán, J. & Lazo, Ó. (2018). Policy progress on ICZM in Peru. Ocean & coastal management, 157, 203-216.

Barragán, J. (2012). Iniciativa Iberoamericana de manejo costero integrado: ideas para el progreso de una nueva política pública. En Manejo costero integrado en Iberoamérica: Diagnóstico y propuestas para una nueva política pública. Red Ibermar (CYTED), Cádiz, 69-117.

Barragán, J. (2014). Política, gestión y litoral: Una nueva visión de la gestión integradora de áreas litorales. UNESCO – Madrid.

Basraoui, Y., Chafi, A., Zarhloule, Y. & Demnati, S. (2011). An integrated coastal zone management initiative for sensitive coastal wetland on either sides of The Moulouya Estuary in Morocco. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 19, 520-525.

Birch, T. & Reyes, E. (2018). Forty years of coastal zone management (1975–2014): Evolving theory, policy and practice as reflected in scientific research publications. Ocean & Coastal Management, 153, 1-11.

Cabrera, A., Alfonso, A., Sánchez, O. & Pérez, L. (2019). Ordenamiento ambiental y gestión costera integrada: experiencias y retos en el norte de la provincia de Matanzas (Cuba). En, C. Milanés, R. Lastra y P. Sierra-Correa (ed.), Estudios de caso sobre manejo integrado de zonas costeras en Iberoamérica: gestión, riesgo y buenas prácticas (1 ed., pp. 144-192). Barranquilla: Corporación Universidad de la Costa.

Cabrera, A., Arellano, M., Rey, O., Martínez, A., García, G., Fernández, A., Pérez, R., Pérez, O., Milanés, C., García, R., Miranda, C., Castellanos, M., Salabarría, D., Cruz, T., Dueñas, F., González, P. & Suárez, A. (2020). Manejo Costero Integrado en Cuba: Avances y Retos en la Etapa 2009-2019. Revista Costas vol esp., 1: 95-116. doi: 10.26359/costas.e105

Castillo, N. (13 de marzo 2014). Ciencia y turismo sustentable conviven en Akumal, lugar de tortugas. En UNAM-Dirección general de divulgación de la ciencia. Recuperado de

Censo de Población y Vivienda 2020. Principales resultador por localidad. https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Microdatos.

Cicin-Sain, B., Knecht, R., Jang, D., & Fisk, G. (1998). Integrated coastal and ocean management: concepts and practices. Island press.

CONABIO, C. & TNC, P. (2007). Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México: océanos, costas e islas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy-Program México, Pronatura, AC México, DF.

CPL CRM. (2016). Comité de Playas Limpias Cancún-Riviera Maya, Programa de Gestión. En Consejo de Cuencas de la Península de Yucatán. Solidaridad, Quintana Roo, México. Recuperado de

Cummins, V. & McKenna, J. (2010). The potential role of sustainability science in coastal zone management. Ocean & Coastal Management, 53(12), 796-804.

Dadon, J. & Oldani, J. (2017). Interjurisdictional coastal management in metropolitan areas. Ocean & Coastal Management, 148,260 -271.

DATATUR - Análisis integral del turismo (2017). Reporte Monitoreo Hotelero de 70 centros turísticos enero-diciembre. Recuperado de: http://www.datatur.sectur.gob.mx/Documentos%20Publicaciones/201712_rpt_ocupacion.pdf

Decreto 034. (2016, 21 de diciembre). "De los Derechos de Saneamiento Ambiental que realice el Municipio". Periódico oficial del Estado de Quintana Roo. Recuperado de http://po.segob.qroo.gob.mx/sitiopo/Publicacion.php?Fecha=2016-12-21&Tipo=3&Numero=135

Diario Oficial de la Federación. (2012, 24 de noviembre). ACUERDO por el que se expide la parte marina del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe y se da a conocer la parte regional del propio programa. Ciudad de México, México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Consulta el 27 de marzo, 2019, Recuperado de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5279084&fecha=24/11/2012

Diario Oficial de la Federación. (2015, 13 de abril). ACUERDO por el que se establece una zona de refugio pesquero en aguas marinas de jurisdicción federal ubicadas en la zona de Akumal en el Estado de Quintana Roo. Ciudad de México, México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Consulta el 13 de junio, 2018, Recuperado de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5388585&fecha=13/04/2015

Diario Oficial de la Federación. (2016a, 07 de marzo). ACUERDO por el que se establece con el nombre de Bahía de Akumal el área de refugio para la protección de las especies que se indican, la porción marina que se señala en el Estado de Quintana Roo. Ciudad de México, México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Consulta el 13 junio, 2018, Recuperado de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5428829&fecha=07/03/2016

Diario Oficial de la Federación. (2016b, 07 de diciembre). DECRETO por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región conocida como Caribe Mexicano. Ciudad de México, México: Presidencia de la República. Consulta el 27 de marzo, 2019, Recuperado de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5464450&fecha=07/12/2016

Diario Oficial de la Federación. (2017, 06 de octubre). ACUERDO por el que se da a conocer el Programa de Protección del Área de Refugio para la Protección de Especies Marinas denominada Bahía de Akumal, creada por el Acuerdo publicado el 7 de marzo de 2016. Ciudad de México, México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Consulta el 27 de marzo, 2019, Recuperado de https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5500131&fecha=06/10/2017

Diario Oficial de la Federación. (2018, 28 de diciembre). Ley Federal de Derechos, última reforma publicada. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Consulta el 03 de abril 2017, Recuperado de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/107_281218.pdf

Diario Oficial de la Federación. (2018, 30 de noviembre). ACUERDO mediante el cual se expide la Política Nacional de Mares y Costas de México. Ciudad de México, México: Secretario de Marina y Presidente de la Comisión Intersecretarial para el Manejo Sustentable de Mares y Costas. Consulta el 27 de marzo, 2019, Recuperado de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5545511&fecha=30/11/2018

Frausto, O. & Colín O. (2019). Indicadores de sustentabilidad de la Política de Mares y Costas, México. Revista Costas, 1 (2), 1-18- DOI:10.26359/costas.0203

Frausto, O., Vázquez, A. y Fraga J. (2015). Entre enclaves turísticos: Pueblos de apoyo o asentamiento de trabajadores. Pasos, 14, 183-201.

Garza, J., Mata, M., García, S. & Schirp, E. (2010). Reporte de caracterización y evaluación de estado de condición arrecifal. Akumal, Q. Roo. 2010. PIESACOM-UMDI-SISAL-UMAN. 1-46.

http://ciencia.unam.mx/leer/324/Ciencia_y_turismo_sustentable_conviven_en_Akumal_lugar_de_tortugas

http://seduvi.qroo.gob.mx/pdus/01PEDUQUINTANAROO22ABRIL2002.pdf

https://issuu.com/zaincgar/docs/programa_de_gesti__n_del_comit___de_3336027a676a10

Kojima, H., Kubo, T. & Kinoshita, A. (2013). Integrated coastal management as a tool for local governance of coastal resources: a case study of Munakata coastal zone. Ocean & coastal management, 81, 66-76.

Labrada, V., Tenería, F., Herrera-Pavón, R. & Negrete-Philippe, A. (2017). Somatic growth rates of immature green turtles Chelonia mydas inhabiting the foraging ground Akumal Bay in the Mexican Caribbean Sea. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 487, 68-78.

Maldonado, M. y Sánchez, P. (2007). Programa Comunitario de Ordenamiento Marino Bahías de Akumal (POBAk): Una alternativa de protección y manejo adaptativo de ecosistemas marinos en Quintana Roo, México. En Docplayer. Recuperado de https://docplayer.es/9852311-Centro-ecologico-akumal-miguel-angel-maldonado-cuevas-paul-sanchez-navarro-russell.html

Manuel-Navarrete, D. (2012). Entanglements of power and spatial inequalities in tourism in the Mexican Caribbean. Workingpaper, 17, 5-35.

Mata, M., Garza, R., Aranda, A. & de Almeida, P. (2018). Social alienation and environmental decline in a coral reef: Challenges to coastal management in the Mexican Caribbean. Ocean & coastal management, 155, 30-39.

Molina-Hernández, A., Garza-Pérez, J. y Aranda-Fragoso, A. (2018). Identifying management challenges and implementation shortcomings of a new fishing refuge: Akumal reef, Mexico. Ocean & Coastal Management, 161, 127-140.

Nava, J., Arenas, P. & Cardoso, F. (2017). Coastal management in Mexico: Improvements after the marine and coastal policy publication. Ocean & coastal management, 137, 131-143.

Nava, J., Arenas, P. & Cardoso, F. (2018) Integrated coastal management in Campeche, Mexico; a review after the Mexican marine and coastal national policy. Ocean & coastal management, 154, 34-45.

Olsen, S. (2003). Frameworks and indicators for assessing progress in integrated coastal management initiatives. Ocean & coastal management, 46(3-4), 347-361.

Olsen, S., Page, G. & Ochoa, E. (2009). The analysis of governance responses to ecosystem change: a handbook for assembling a baseline. GKSS Research Centre, LOICZ International Project Office, Institute for Coastal Research.

Olsen, S., Rubinoff, P., Ochoa, E. & Vallejo, S. (2010). A Certification Program in the Governance of Coastal Ecosystems. Coastal Management, 38(3), 262-271.

Olsen, S., Satinen, J., Juda, L., Hennessey, T. & Grigalunas, T. (2006). A Handbook on Governance and Socioeconomics of Large Marine Ecosystems. Coastal Resources Center, University of Rhode Island.

Palafox-Muñoz, A. & Arroyo-Delgado, M. (2020). Gobernanza y sustentabilidad social a través del turismo en el Área Natural Protegida de Cabo Pulmo, Baja California Sur, México. Apuntes 87, 119-147. doi: 10.21678/apuntes.87.1056

PEDU AKUMAL. (2007, 13 de diciembre). Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Akumal 2007-2032. Dirección General de Ordenamiento Ambiental y Urbano, Dirección Desarrollo Urbano Municipal. Municipio de Solidaridad, Estado de Quintana Roo. Consulta el 06 de noviembre, 2018, Recuperado de https://qroo.gob.mx/sedetus/programas-de-desarrollo-urbano

PEDU. (2002). Programa Estatal de Desarrollo Urbano. Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente, Dirección de Desarrollo Urbano. Estado de Quintana Roo. Consulta el 6 de noviembre, 2018, Recuperado de

Pérez-Cayeiro, M., Ruiz, J., Garrido, M. & Sánchez, J. (2016). Análisis de la evolución de las metodologías de gestión integrada de áreas litorales en los periodos comprendidos entre 1990-1999 y 2000-2012. Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management, 16(2), 207-222.

Plan Estatal de Desarrollo Quintana Roo. (2016). PED 2016-2022. Gobierno del Estado de Quintana Roo. México. Consulta el 6 noviembre, 2018, Recuperado de https://qroo.gob.mx/ped

Plan Municipal de Desarrollo de Tulum. (2018). PMDT 2018-2021. Tulum, Quintana Roo. México. Consulta el 23 de octubre, 2018, Recuperado de http://www.tulum.gob.mx/Pdfs/PMDTULUM.pdf

PMODETUS TULUM-SEDETUS (2019). Programa Municipal de Ordenamiento Territorial, Ecológico y Desarrollo Urbano Sustentable de Tulum. H. Ayuntamiento de Tulum. Consulta el 08 de agosto, 2019. Recuperado de http://www.tulum.gob.mx/Pdfs/PMOTEDUS%20TULUM%202019%20SEDETUS.pdf

Rivera-Arriaga, E., Spejel-Carbajal, I., Gutiérrez-Mendieta, F., Vidal-Hernández, L., Espinoza-Tenorio, A., Nava-Fuentes, J., García-Chavarría, M. & Sosa-López, A. (2020). Global Review of ICZM in Mexico. Revista Costas, vol esp., 1, 133-154. doi: 10.26359/costas.e107

Rojas, J., Frausto, O., Tun, J. & Ihl, T. (2014). Turismo y dinámica demográfica en Quintana Roo, México. In Turismo y territorio: innovación, renovación y desafíos (pp. 581-592). Universidad autónoma de Barcelona- Tirant Humanidades, España.

Soriani, S., Buono, F., Tonino, M. & Camuffo, M. (2015). Participation in ICZM initiatives: Critical aspects and lessons learnt from the Mediterranean and Black Sea experiences. Marine pollution bulletin, 92(1-2), 143-148.

Stepanova, O. (2015). Conflict resolution in coastal resource management: Comparative analysis of case studies from four European countries. Ocean & Coastal Management, 103, 109-122.

Syafriny, R. 2015. Transformation and privatization of coastal space, case of Manado coastline. Journal of Human Settlements. 7,10-21.

Tovilla, C., Pérez, J. & Arce, A. (2010). Gestión litoral y política pública en México: un diagnóstico. En

Manejo Costero Integrado y Política Pública en Iberoamérica: Un diagnóstico. Necesidad de Cambio. Cádiz, Red IBERMAR(CYTED).

Vázquez, A. (2014). Pueblos de apoyo y sustentabilidad en contextos turísticos costeros de fuerte migración: Akumal, Quintana Roo. Tesis de maestría, Universidad de Quintana Roo, Cozumel, México. 134.

Vázquez, A. (2020). Manejo integrado de la zona costera de Akumal, en el Caribe Mexicano: una propuesta para su desarrollo sostenible. (Tesis de Doctorado). Universidad de Quintana Roo, México.

Vázquez, A., Fraga, J. & Frausto, O. (2015a). Configuración de redes sociales en contextos turísticos costeros: Pueblos de apoyo, Teoría y Praxis, 17, 163-177.

Vázquez, A., Frausto, O. & Cabrera, A. (2020). Models of Integrated Coastal Zone Management: comparative analysis and adoption proposal in the case of Akumal (Mexico). Revista Costas, 2(1), 25-50 .doi: 10.26359/costas.0202

Vázquez, A., Frausto, O., & Fraga, J. (2015b). Pueblos de Apoyo en Contextos Turísticos. Akumal, el enclave turístico de la Riviera Maya de Quintana Roo. Temas antropológicos, 37(2), 121-139.

Vázquez, A., Frausto, O., Fraga, J. & Mejía, L. (2019). Coastal transformation processes of a tourism support town in the Caribbean. Esempi Di Architettura. 6(2):19-26. DOI 10.4399/97888255254653

CICLONES EXTREMOS EN LOS ESTADOS DEL SUROCCIDENTE MEXICANO EN EL PERÍODO 1951-2019

GABRIEL SÁNCHEZ-RIVERA,
OSCAR FRAUSTO-MARTÍNEZ

CAPÍTULO 10



Ciclones extremos en los estados del suroccidente mexicano en el período 1951-2019

Gabriel Sánchez Rivera[1] *y Oscar Frausto Martínez*[2]
[1]Laboratorio de Observación y Análisis Espacial, División de Desarrollo Sustentable, Universidad de Quintana Roo. Avenida Andrés Quintana Roo, S/N, frente a colonia San Gervasio, Cozumel, Quintana Roo, 77600, México.
[2]Universidad de Quintana Roo, Campus Cozumel.
grivera@uqroo.edu.mx

Introducción

México, debido a su localización, recibe el impacto recurrente de ciclones tropicales que provienen de las cuencas del Pacífico nororiental y el Atlántico norte. Estas, según Knapp et al. (2018), entre los años 1940 y 2010 ocuparon el segundo y el tercer lugar, respectivamente, en cuanto a actividad ciclónica.

El país cuenta con una extensión litoral (continental) de alrededor de 11 600 km, por lo que la caracterización de los eventos ciclónicos y sus impactos cobra especial relevancia, debido a posibles afectaciones a la infraestructura, medio de producción y pérdida de vidas humanas, lo cual puede representar grandes costos económicos para la población (Solow, 2017; Van de Pol et al., 2017).

De acuerdo con los registros de la base de datos *International Best Track Archive for Climate Stewardship* (IBTrACS, conocida como «mejor trayectoria»), en el período 1951-2019, en la cuenca del Pacífico nororiental, se formaron un total de 1 535 ciclones. Según los datos almacenados, 208 (14 %) alcanzaron tierras continentales e insulares de la República Mexicana, y de estos, la mitad (104) lo hicieron por la zona suroccidental del país (IBTrACS, 2019).

El objetivo del estudio fue identificar el número de ciclones que impactaron los estados costeros del suroccidente mexicano en el período 1951-2019. Asimismo, se tuvo en cuenta la caracterización de los eventos que pudieron ser considerados como extremos («raros»,

«muy raros» y «extremadamente raros»), de acuerdo con los criterios de la Organización Meteorológica Mundial (WMO, 2018). Para ello se consideraron como variables de análisis la «velocidad máxima de vientos sostenidos» y la «mínima presión atmosférica». Se aplicó el modelo estadístico «excedente a un umbral relativo» (*exceeding a relative threshold)*, para lo cual se tomaron como referencia los umbrales 10.0 y 90.0 y 1.0 y 99.0 propuestos por la WMO (2018), y un umbral de referencia extremo del orden de 0.1 y 99.9 percentiles.

Ciclones tropicales

De acuerdo con el Centro Nacional de Huracanes (NHC) los ciclones tropicales se definen como fenómenos hidrometeorológicos representados por «una circulación atmosférica cerrada que gira en sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio norte y en sentido horario en el hemisferio sur» (NHC, 2019).

Autores como Holland y Bruyère (2014) y Doval, Pérez, Acosta, y Rodríguez (2013) han realizado estudios para identificar patrones que permitan explicar la dinámica en relación con la ocurrencia de ciclones tropicales. Para ello, tuvieron en cuenta la correlación de diversas variables, como la temperatura de la superficie oceánica, la actividad de las manchas solares y ENSO (El Niño-Oscilación del Sur).

Para estimar las tendencias de los cambios en la dinámica atmosférica, así como las variaciones en la cantidad e intensidad de los ciclones, es necesario contar con largas series de tiempo (Jiménez-Herrero, 2011). Las variaciones consideradas en los escenarios del cambio climático se presentarán de manera paulatina, según Lazos-Chavero, Mwampamba y García-Frapolli (2018).

Eventos extremos

La caracterización de eventos perturbadores en categoría de extremos resulta compleja, pues no existe un consenso en cuanto a su definición. En este sentido, Stephenson (2008) propuso que los ciclones categorizados como extremos son aquellos cuya ocurrencia es «rara», con efectos «severos» y «graves», donde «raro» queda definido como aquellos eventos con baja probabilidad de ocurrencia. Por su parte la WMO (2018) planteó que los eventos considerados como «raros» son los que superan los percentiles 90

y 95, mientras que los considerados como «muy raros» excederían el rango de 1 y 99 o superiores.

De acuerdo con Décamps (2008), los eventos extremos son aquellos que exceden algún tipo de límite en función de su magnitud, duración y frecuencia. Stephenson (2008) sugiere que la ocurrencia de eventos que superen altos umbrales preseleccionados es poco frecuente. En el caso de los ciclones tropicales pueden ser estudiados en función de distintas variables físicas y temporales como: la magnitud en términos de la velocidad máxima de vientos sostenidos y la mínima presión atmosférica, trayectoria (localización), duración (permanencia), velocidad y distancia del recorrido.

Para caracterizar los eventos extremos en categoría de «raros», «muy raros» o «extremadamente raros», Stephenson (2008) y Camuffo et al. (2018) identificaron diversas técnicas y modelos, entre los que destacan: a) Pico por encima del umbral (IPCC, 2012); b) Teoría del valor extremo (Tiago de Oliveira, 1986); c) Excedente a un umbral relativo (IPCC, 2014); d) Excedente a un umbral y un período de retorno (WMO, 2015) y e) Efectividad: eventos que desencadenan un desastre o emergencia (IPCC, 2014) que puede ocasionar la pérdida de vidas, lesiones, etc. (WMO, 2015).

Sin embargo, la mayoría de los estudios se centran en la clasificación de los ciclones en términos de la «escala Saffir-Simpson (S.S.)», la cual considera únicamente la variable «velocidad media de los vientos máximos sostenidos» para clasificar los ciclones en función de su intensidad. La escala S.S. fue diseñada con el objetivo de alertar a la población de los tipos de daños e impactos vinculados a la intensidad de los meteoros, no así para clasificar los meteoros en función de la probabilidad de ocurrencia (Schott et al., 2012).

Materiales y Métodos

Área de estudio

El área de estudio corresponde a la región suroccidental de la República Mexicana, integrada por los estados costeros de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas (Figura 10.1). Estos abarcan conjuntamente 2 066.05 km (18 %) del litoral continental del país. Los estados que sobresalen por presentar las máximas y mínimas extensiones litorales son Oaxaca con 597.51 km y Colima 139.22 km respectivamente (INEGI, 1991).

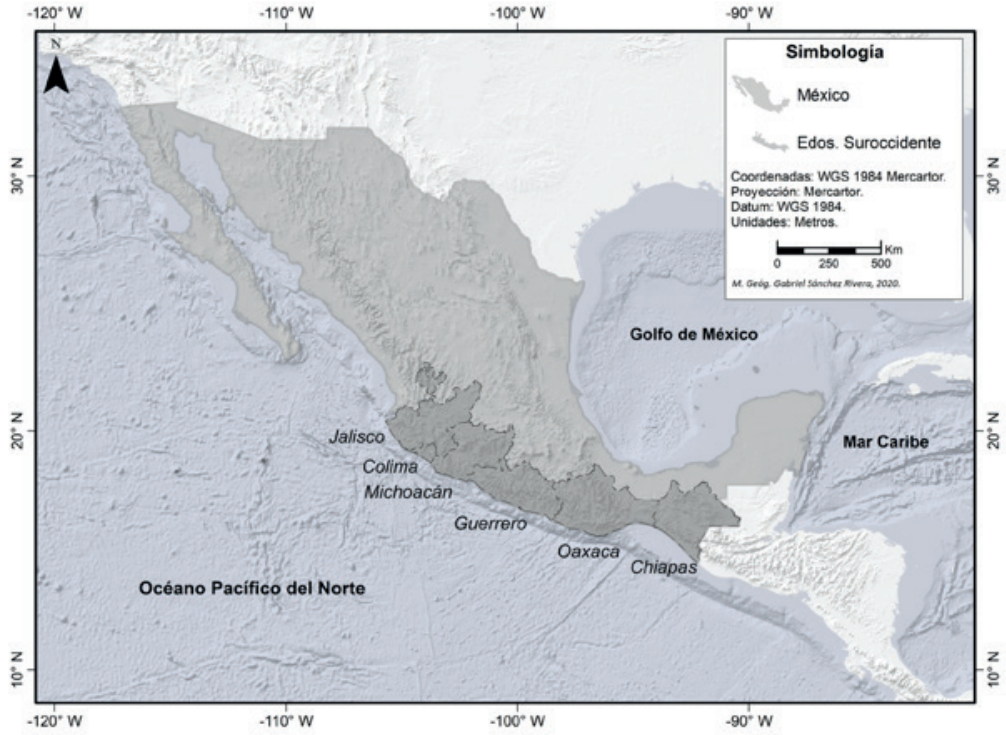


Figura 10.1. Región suroccidental de la República Mexicana
Fuente: elaborado con datos de Amante y Eakins (2009) y del *Flanders Marine Institute* (2018)

Datos

La información sobre los recorridos y las características físicas de los ciclones tropicales que se formaron en la cuenca del Pacífico nororiental y que ingresaron a los estados costeros del suroccidente del país en el período 1951-2019, se obtuvo de la base de datos de la «mejor trayectoria» (IBTrACS, 2019), de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA). Los registros son de acceso público y se distribuyen en tres formatos principales: texto (CSV, valores delimitados por comas), vectoriales (*Shapefiles*) y NetCDF (formulario de datos comunes en red).

Los datos corresponden a una representación de la localización e intensidad de los ciclones a lo largo de su trayectoria reportada en períodos de 6 h (Knapp et al., 2009) y son el resultado del reanálisis posterior a la temporada de ciclones de los registros recabados a través de diversas fuentes entre las que destacan: observaciones superficiales (estaciones meteorológicas), instrumentos meteorológicos a bordo de barcos y aeronaves, así como de imágenes satelitales (Knapp et al., 2010).

La identificación de los ciclones que tocaron la región de estudio se consiguió tomando como referencia los archivos vectoriales del Marco Geoestadístico Nacional (INEGI, 2019).

Métodos

Para cumplir con los objetivos del estudio se agruparon los procesos en cuatro etapas:

Etapa 1: adquisición y preprocesamiento de datos

a) homologación de capas vectoriales a la proyección cartográfica UTM-GCS_WGS_1984
b) conversiones de unidades al sistema métrico decimal.

Etapa 2: procesamiento de datos

a) diseño de la base de datos correlacional en el programa *MS-Access* para la generación de consultas mediante el lenguaje de programación SQL
b) identificación de ciclones que impactaron tierra mediante el geoprocesamiento de capas vectoriales en el programa *ArcGis 10.3*.

Etapa 3: modelos, variables y parámetros de referencia

a) aplicación de los métodos estadísticos de tasas de cambio, regresión lineal (basado en el método de mínimos cuadrados), cálculo de los coeficientes de correlación lineal de *Pearson* y *Spearman*
b) modelo estadístico «excedente a un umbral relativo (*exceeding a relative threshold)*» para la caracterización de los eventos extremos considerando los umbrales de referencia 0.1 y 99.9; 1.0 y 99.0; y 10.0 y 90.0 percentiles (WMO, 2018).

Etapa 4: análisis estadístico

a) estimación del número e intensidad de los eventos ciclónicos a través de consultas en la base de datos correlacional
b) clasificación espacio-temporal por décadas y por categorías en la escala S.S., ciclones que se clasifican en tres clases: 1) depresiones y tormentas tropicales; 2)

huracanes de baja y mediana intensidad, categorías H1, H2 y H3; y 3) ciclones de alta intensidad, categorías H4 y H5

c) variaciones a nivel decadal mediante el cálculo de las tasas de cambio del número de ciclones reportados por grupos de categorías, con respecto al total de eventos ocurridos.

d) aplicación de los modelos de regresión y correlación lineal, así como la función de densidad de probabilidad (basado en el método de mínimos cuadrados), para estimar la distribución anual del número de ciclones *vs* intensidad, y la velocidad máxima de vientos sostenidos *vs* mínima presión atmosférica

e) identificación de eventos extremos en categoría de «raros» y «extremadamente raros», a través del modelo «excedente a un umbral relativo».

Resultados

Caracterización de las temporadas 1951 - 2019

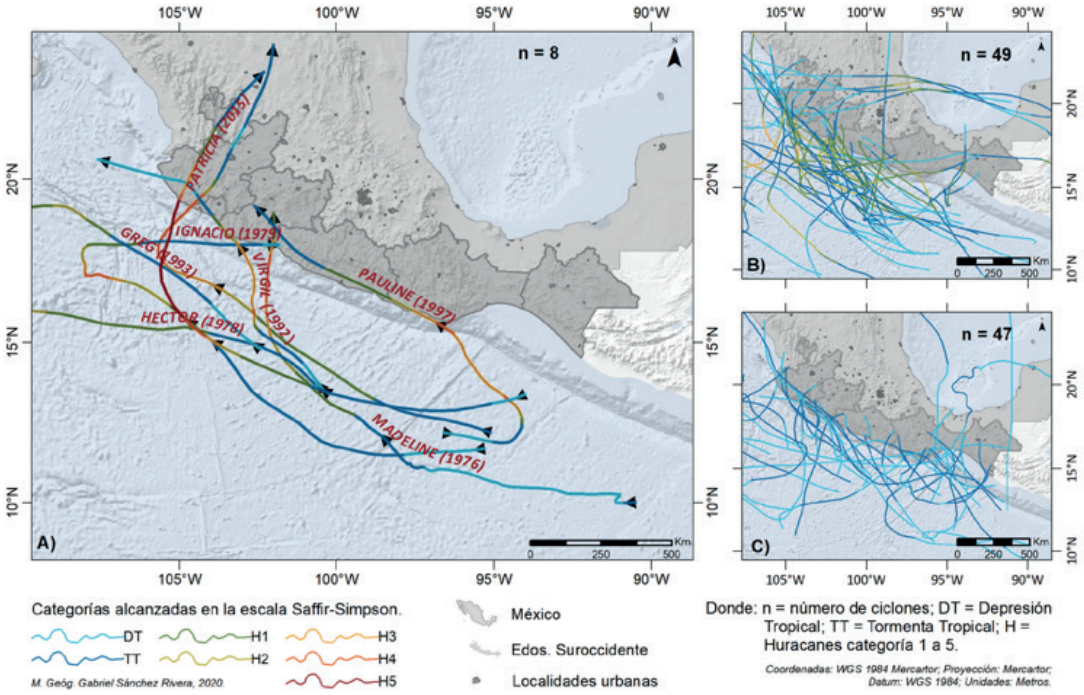


Figura 10.2. Trayectorias de los huracanes que impactaron las costas del suroccidente mexicano, agrupados por categorías en la escala S.S.: A) huracanes H4 y H5); B) huracanes H1, H2 y H3; y C) depresiones y tormentas tropicales.

Fuente: elaborado con datos del IBTrACS (2019)

En el análisis sobre la actividad ciclónica se procedió a la agrupación y conteo de los eventos que tocaron tierra centrados por décadas y por categorías (escala S.S.). Los resultados obtenidos mostraron un comportamiento no homogéneo en la cantidad e intensidad de los eventos que han llegado a tierra, por lo que no se identifica un incremento constante en ninguno de los dos casos. Por el contrario, al analizar los datos se observó un comportamiento cíclico de ascenso y descenso en número e intensidad.

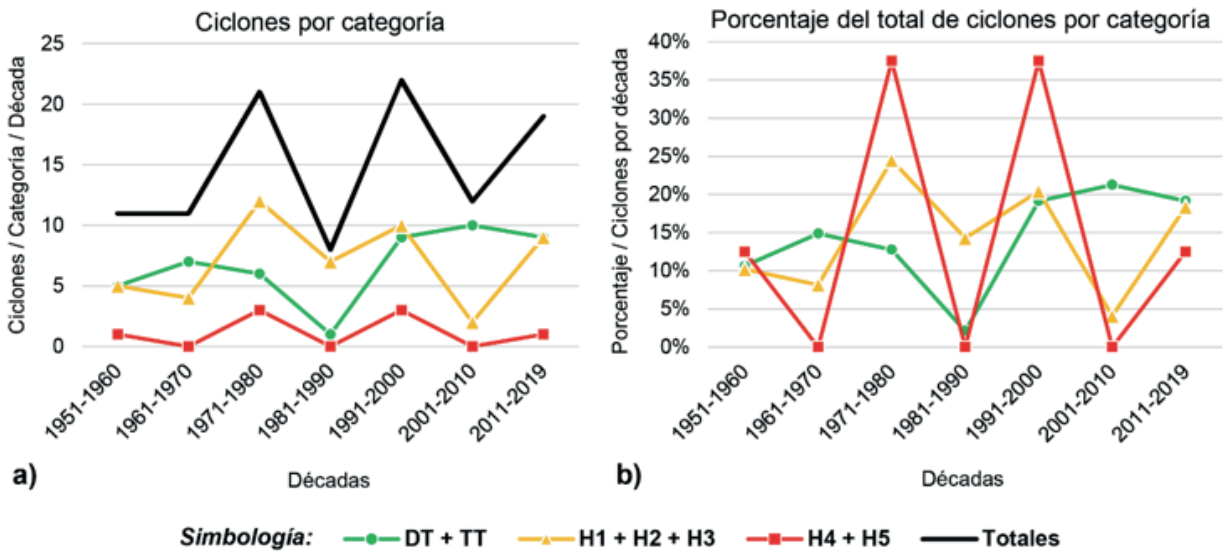
La mayor cantidad de impactos en tierra de ciclones en categorías H4 y H5 en la escala S.S, se registra en las décadas de los 70's y 90's del siglo xx, alcanzando la máxima actividad ciclónica en la región durante la primera década del siglo xxi. En contraste, la década de los 80's del siglo xx presenta el menor número de ciclones con un total de 8 (Tabla 10.1 y Figura 10.3).

Tabla 10.1. Número de ciclones por categoría en el período 1951-2019

	Ciclones por categoría				**Porcentaje por categoría**		
Décadas	**DT + TT**	**H1 + H2 + H3**	**H4 + H5**	***Totales***	**DT + TT**	**H1 + H2 + H3**	**H4 + H5**
1951-1960	5	5	1	**11**	11 %	10 %	**13 %**
1961-1970	7	4	0	**11**	15 %	8 %	**0 %**
1971-1980	6	12	3	**21**	13 %	24 %	**38 %**
1981-1990	1	7	0	**8**	2 %	14 %	**0 %**
1991-2000	9	10	3	**22**	19 %	20 %	**38 %**
2001-2010	10	2	0	**12**	21 %	4 %	**0 %**
2011-2019	9	9	1	**19**	19 %	18 %	**13 %**
Totales	**47**	**49**	**8**	**104**	**100 %**	100 %	100 %

Donde: DT = Depresión Tropical; TT = Tormenta tropical; y H = Huracán categorías de H1- H5

Fuente: elaborado con datos del IBTrACS (2019)



Donde: DT = Depresión Tropical; TT = Tormenta tropical; y H = Huracán de H1- H5. Fuente: Adaptado de Webster (2005), actualizada con datos del IBTrACS (2019).

Figura 10.3. a) Intensidad de ciclones agrupados en categorías (S.S.) por décadas en el período 1951-2019, b) porcentaje de ciclones por década con respecto al total de ciclones reportados en el período 1951-2019. Donde los colores de las líneas representan los grupos por categoría: depresiones y tormentas tropicales (verde); huracanes categorías 1, 2 y 3 (amarillo); huracanes en categorías 4 y 5 (rojo); y la suma total de ciclones (negro).
Fuente: elaborado con datos del IBTrACS (2019)

Las costas del suroccidente, en 8 ocasiones, fueron impactadas por ciclones de categorías H4 (n=7) y H5 (n=1) en la escala S.S. El primer reporte corresponde al huracán Sin Nombre (1959, H4). El huracán Patricia (2005, H5) fue el más intenso, registrado en tocar las costas de los estados de Michoacán, Colima y Jalisco, con valores extremos de velocidad de vientos máximos sostenidos de 342.6 km/h y mínima presión atmosférica de 872 mb.

Se destacan también los huracanes Hector (1978, H4) y Greg (1993, H4) por impactar las islas Revillagigedo. El primero cruzó la isla Clarión y el segundo la isla Socorro. Ninguno de ellos alcanzó la región continental del país. Por su parte, Chiapas se distingue por no tener registro del ingreso a tierra de manera directa de ciclones en categorías H4 y H5. Los estados por los que cruzaron cada uno de los fenómenos (H4 y H5), así como las categorías máximas alcanzadas en tierra, se presentan en la Tabla 10.2.

Tabla 10.2. Ciclones en categoría de huracán H4 y H5 que impactaron los estados costeros del suroccidente mexicano en el período 1951- 2019. Donde N.D. = No determinado; P= porcentil.

Clave	Año	Nombre	Máx. Cat. S.S.	Longitud [km]	Vientos Máx. [km/h]	Perc. Máx Vientos	Mín. Presión [mb]	Perc. mín. presión
1959296N12265	1959	Sin nombre	H4	2,232.2	222.2	P 90.0	958.0	> 10.0
1976273N10270	1976	Madeline	H4	1,993.6	231.5	P 90.0	941.0	> 10.0
1978203N13260	1978	Hector	H4	3,613.5	222.2	P 90.0	N.D.	N.D.
1979297N12265	1979	Ignacio	H4	2,437.7	231.5	P 90.0	938.0	> 10.0
1992275N14260	1992	Virgil	H4	1,257.9	213.0	< P 90.0	948.0	> 10.0
1993227N15258	1993	Greg	H4	4,632.8	213.0	< P 90.0	948.0	> 10.0
1997279N12263	1997	Pauline	H4	1,581.2	213.0	< P 90.0	948.0	> 10.0
2015293N13266	2015	Patricia	H5	2294.017	342.62	P 99.9	872	P 0.1
Clave	**Año**	**Nombre**	***Estado / Máxima categoría S.S. en tierra***					
			Jalisco	**Colima**	**Michoacán**	**Guerrero**	**Oaxaca**	**Chiapas**
1959296N12265	1959	Sin nombre	H4	H4				
1976273N10270	1976	Madeline			H1	H3		
1978203N13260	1978	Hector		H3				
1979297N12265	1979	Ignacio			TT	DT		
1992275N14260	1992	Virgil	TT	H1	H2			
1993227N15258	1993	Greg		H1				
1997279N12263	1997	Pauline			TT	H1	H3	
2015293N13266	2015	Patricia	H5					

Fuente: elaborado con datos del IBTrACS (2019)

Los resultados del cálculo de la función de probabilidad para las variables «velocidad máxima de vientos sostenidos» y «categoría (intensidad) en la escala S.S.», devolvieron valores de R^2 del orden de 0.03 y 0.00 respectivamente. Esto indica que la línea de tendencia en ninguno de los casos se ajusta. Por su parte, la tasa de cambio en la cantidad de ciclones fue de 0.11 % y para la intensidad -0.10 %, lo que representa en ambos casos un incremento prácticamente nulo (Figura 10.4).

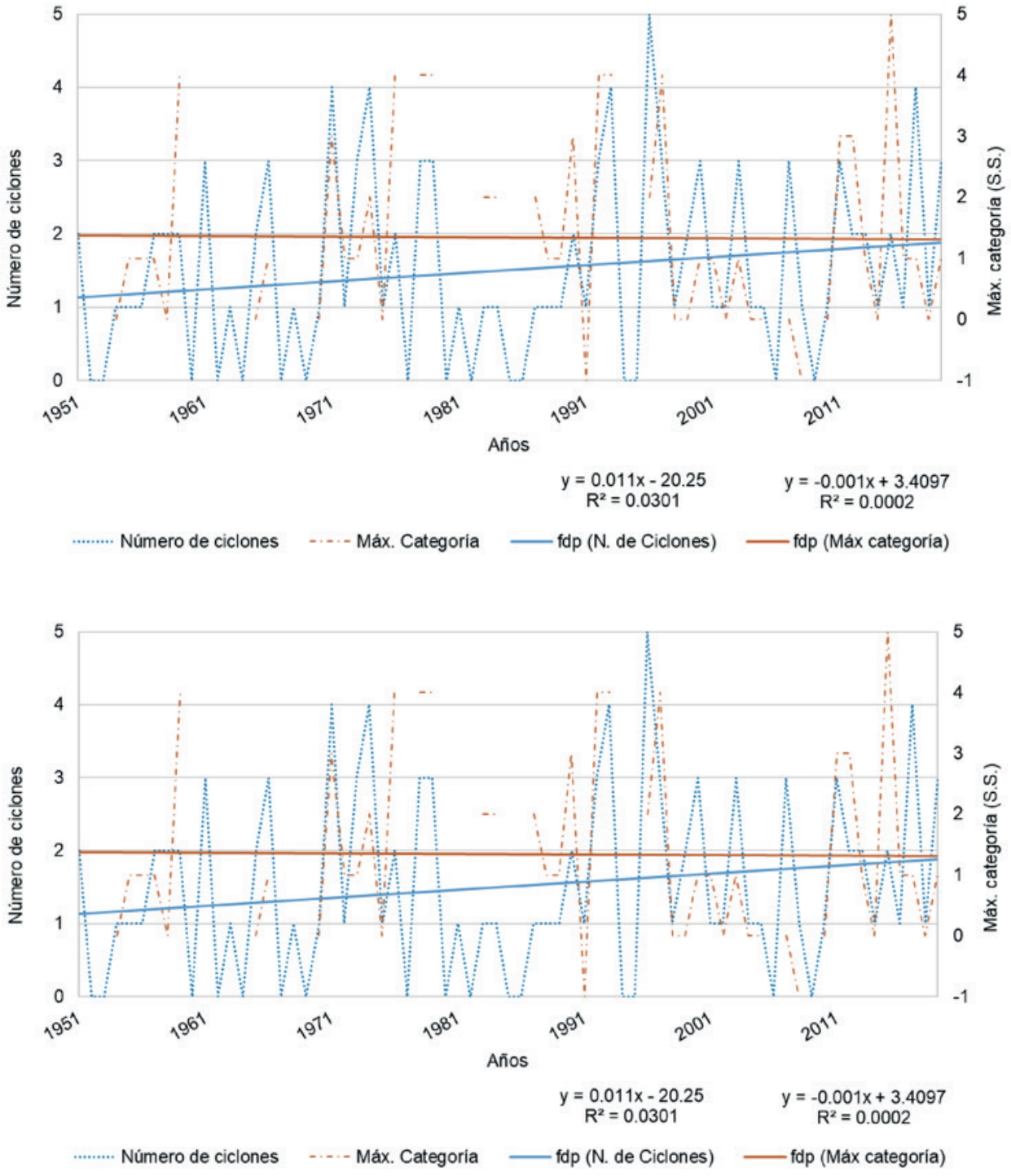


Figura 10.4. Distribución anual del número e intensidad (categoría) de ciclones que impactaron el suroccidente en el período 1951-2019. Donde: -1 = Depresión tropical; 0 = Tormenta Tropical; 1 a 5 Huracanes en categorías H1 a H5 (escala S.S.); y fdp = función de densidad de probabilidad.

Fuente: elaborado con datos del IBTrACS (2019)

Ciclones categorizados como eventos extremos

Para identificar la rareza de los ciclones que han impactado los estados costeros del suroccidente del país, se aplicó el modelo de análisis a un umbral relativo considerando el total de ciclones (n=1,535) reportados por el IBTrACS (2019) en la cuenca del Pacífico nororiental. Los resultados obtenidos, al analizar las variables velocidad máxima de vientos sostenidos [km/h] y mínima presión atmosférica [mb], indicaron lo siguiente:

De 69 huracanes formados en el Pacífico nororiental que alcanzaron la categoría H5 en la escala S.S., reportados para el período estudiado, dos pueden ser catalogados como eventos «extremadamente raros». El primero es el huracán Patricia (2015), el cual sobrepasó los umbrales de referencia de 0.1 y 99.9 percentiles para ambas variables consideras. Además, fue el único en categoría H5 en impactar los estados costeros del suroccidente mexicano. El segundo es el huracán Nancy (1961) al superar el umbral 99.9 para la velocidad del viento y el umbral 1.0 para la presión atmosférica.

En la categoría de eventos «muy raros», 15 ciclones superaron los umbrales 99.0 y 1.0 percentiles, los cuales corresponden a los huracanes en categoría H5: Olive (1952); Lola (1957); Vera (1959); Karen (1962); Ruth (1962); Kit (1966); Irma (1971); Tip (1979); Gay (1992); Joan (1997); Linda (1997); Paka (1997); Dianmu (2004); Rick (2009); Vongfong (2014). Ninguno de ellos impactó los estados costeros del suroccidente mexicano.

En categoría de «raros» a nivel de la cuenca del Pacífico nororiental se tienen 53 huracanes en categoría H5 y 136 en categoría H4. De ellos únicamente los huracanes: Sin Nombre (1959, H4); Madeline (1976, H4); Hector (1978, H4) e Ignacio (1979, H4) alcanzaron las costas del suroccidente mexicano al sobrepasar los límites extremos de 90.0 percentiles para la variable velocidad máxima de vientos sostenidos (tabla 2).

Discusión

Los hallazgos del estudio no revelan una tendencia al incremento constante de los ciclones en número y su intensidad (magnitud), lo cual es congruente con las afirmaciones de autores como Walsh (2004) y Walsh et al. (2016), quienes concuerdan que será hacia los años 50's del presente siglo cuando se ponga de manifiesto un incremento en la intensidad máxima entre el 5 % y 10 % como consecuencia del cambio climático.

De acuerdo con Webster (2005), el comportamiento oscilatorio en la génesis y desarrollo de la actividad ciclónica tiene su origen en una amplia variedad de factores como la temperatura de la superficie oceánica, la radiación solar, la actividad de las manchas solares, la presencia de la oscilación ENSO, la oscilación multidecadal del Océano Atlántico (AMO), las concentraciones de CO_2 y la humedad en la troposfera media, entre otros. Ejemplos de estudios relacionados con estas variables son los publicados por Doval et al. (2013), Holland y Bruyère (2014), Vecchi y Knutson (2008), y Klotzbach (2006, 2011).

De la caracterización de los huracanes como eventos extremos, de los 8 ciclones en categorías H4 y H5 que han impactado las costas suroccidentales del país, 4 pueden ser caracterizados como eventos «raros» y solo 1 (Patricia) como «extremadamente raro», al superar los percentiles 0.1 y 99.9. Esto se debe a que no ocurrieron eventos dentro de la categoría de «muy raros» (entre los percentiles 1-99 y 0.1-99.9).

Los mayores impactos en los sistemas socio-ecológicos de la región se distribuyen de manera casi equitativa entre depresiones y tormentas tropicales (45 %) y huracanes de intensidad H1 a H3 (47 %) (Hernández-Cerda et al., 2001).

Conclusiones

La caracterización de eventos en categoría de extremos «raros, muy raros y extremadamente raros», resulta de vital importancia para estimar las capacidades de resiliencia y vulnerabilidad de los ecosistemas, de la infraestructura y de los medios de producción de la población de la región. Sin embargo, en la revisión de la literatura existente, se pudo verificar la falta de un consenso sobre la definición de eventos extremos, dado que los criterios para su caracterización dependen de las disciplinas como la meteorología, las ciencias biológicas y sociales.

Los resultados mostraron que solo el 8 % de los ciclones registrados en el período estudiado alcanzaron la categoría de huracanes H4 y H5 en la escala S.S., presentándose de manera escalonada en las décadas que se originaron. Ello podría generar una falsa sensación de seguridad en la población en cuanto a la probabilidad de ocurrencia de eventos de tal magnitud, lo que a su vez se podría traducir en la disminución de acciones que tengan como objetivo reducir la vulnerabilidad de los sistemas socio-ecológicos.

El análisis estadístico realizado en el presente estudio provee un panorama general a mediana escala espacio-temporal de la actividad ciclónica en la región. Es importante considerar que los datos proporcionados por IBTrACS (2019) tienen su origen en diversas fuentes, lo que les confiere niveles de incertidumbre heterogéneo, por lo que los resultados presentados corresponden a una representación generalizada de la ocurrencia de meteoros en categoría de eventos extremos «raros» y «extremadamente raros».

No obstante, los hallazgos obtenidos en este estudio pueden coadyuvar con información necesaria para la definición y delimitación de zonas prioritarias de atención ante el impacto de fenómenos de alta intensidad y rara probabilidad de ocurrencia. Asimismo, favorece el diseño e implementación de programas encaminados a reducir la vulnerabilidad de las poblaciones, sus medios de subsistencia y la protección de los sistemas ambientales que proveen los servicios ecosistémicos de los cuales dependen las comunidades de la región. Es por ello que se proyecta continuar con el estudio, incluyendo otras variables asociadas a cada ciclón: la permanencia en tierra, la precipitación acumulada y la severidad de los daños causados al impactar tierra.

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad de Quintana Roo, Unidad Académica Cozumel, al Laboratorio de Observación e Investigación Espacial y a REDESClim CONACYT, por la oportunidad de colaboración con el presente estudio, el cual se deriva de los resultados del proyecto doctoral en Desarrollo Sostenible, apoyado con la beca que se otorgó (597620) por CONACYT.

Referencias bibliográficas

Amante, C. & Eakins, B. W. (2009). ETOPO1 1 Arc-Minute Global Relief Model: Procedures, Data Sources and Analysis. NOAA Technical Memorandum NESDIS NGDC-24. National Geophysical Data Center, NOAA.
https://doi.org/10.7289/V5C8276M

Camuffo, D., del Valle, A. & Becherini, F. (2018). A critical analysis of the definitions of climate and hydrological extreme events. Quaternary International, September. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.10.008

Décamps, H. (2008). Ecosystems and extreme climatic events. Comptes Rendus Geoscience, 340(9–10), 553–563. https://doi.org/10.1016/j.crte.2008.08.004

Doval, J. P., Pérez, M. B., Acosta, J. O. & Rodríguez, E. (2013). Caracterización de las trayectorias de

los Ciclones Tropicales en la Cuenca Atlántica en relación con la actividad solar y otras variables. XI Congreso Cubano de Informática y Geociencias (GEOINFO'2013), 18.

Flanders Marine Institute. (2018). IHO Sea Areas, version 3.
https://doi.org/10.14284/323

Hernández-Cerda, M. E. (Coord), Azpra-Romero, E., Carrasco-Anaya, G., Delgado-Delgado, O., & Cruz, F. J. (2001). Los ciclones tropicales de México I. 6.1 (M. E. Hernández-Cerda (ed.); 1st ed.). Temas Selectos de Geografía, Instituto de Geografía, UNAM.
http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/89/89/270-1

Holland, G., & Bruyère, C. L. (2014). Recent intense hurricane response to global climate change. Climate Dynamics, 42(3–4), 617–627.
https://doi.org/10.1007/s00382-013-1713-0

IBTrACS. (2019). IBTrACS v04r00 - Online browsing. International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS). NOAA.
https://www.ncdc.noaa.gov/ibtracs/index.php

INEGI. (1991). Datos Básicos de la Geografía de México (segunda). http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825221218/702825221218_1.pdf

INEGI. (2019). Marco Geoestadístico.
https://www.inegi.org.mx/temas/mg/default.html#Descargas

IPCC. (2012). Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. In C. B. Field, V. Barros, T. F. Stocker, & Q. Dahe (Eds.), A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
https://doi.org/10.1017/CBO9781139177245

IPCC. (2014). Future Climate Changes, Risks and Impacts. In Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324

Jiménez-Herrero, L. M. (2011). Biodiversidad en España. Base de la sostenibilidad ante el cambio global. https://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0637187.pdf

Klotzbach, P. J. (2006). Trends in global tropical cyclone activity over the past twenty years (1986-2005). Geophysical Research Letters, 33(10), n/a-n/a.
https://doi.org/10.1029/2006GL025881

Klotzbach, P. J. (2011). The Influence of El Niño–Southern Oscillation and the Atlantic Multidecadal Oscillation on Caribbean Tropical Cyclone Activity. Journal of Climate, 24(3), 721–731. https://doi.org/10.1175/2010JCLI3705.1

Knapp, K. R., Diamond, H. J., Kossin, J. P., Kruk, M. C., & Schreck III, C. J. (2018). International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS) Project, Version 4. Subset: NA - North Atlantic. NOAA National Centers for Environmental Information. Non-Gonvernment Domain.
https://data.nodc.noaa.gov/cgi-bin/iso?id=gov.noaa.ncdc:C01552

Knapp, K. R. & Kruk, M. C. (2010). Quantifying Interagency Differences in Tropical Cyclone Best-Track Wind Speed Estimates. Monthly Weather Review, 138(4), 1459–1473. https://doi.org/10.1175/2009MWR3123.1

Knapp, K. R., Kruk, M. C., Levinson, D. H., Diamond, H. J. & Neumann, C. J. (2010). The International

Best Track Archive for Climate Stewarship (IBTRACS). Bulletin of the American Meteorological Society, 91 (3), 363-376. https://doi.org/10.1175/2009BAmS2755.1

Knapp, Kenneth R., Kruk, M. C., Levinson, D. H., & Gibney, E. J. (2009). Archive Compiles New Resource for Global Tropical Cyclone Research. Eos, Transactions American Geophysical Union, 90(6), 46. https://doi.org/10.1029/2009EO060002

Lazos-Chavero, E., Mwampamba, T. H., & García-Frapolli, E. (2018). Uncovering links between livelihoods, land-use practices, vulnerability and forests after hurricane Jova in Jalisco, Mexico. Forest Ecology and Management, 426(June 2017), 27–38. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.10.009

NHC. (2019). Glossary of NHC Terms. Centro Nacional de Huracanes de Los Estados Unidos de América. https://www.nhc.noaa.gov/aboutgloss.shtml

Schott, T., Landsea, C., Hafele, G., Lorens, J., Thurm, H., Ward, B., Willis, M., & Zaleski, W. (2012). The Saffir-Simpson Hurricane Wind Scale. National Hurricane Center, February, 1–4. http://www.nhc.noaa.gov/pdf/sshws.pdf

Solow, A. R. (2017). On detecting ecological impacts of extreme climate events and why it matters. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 372(1723), 8–11. https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0136

Stephenson, D. B. (2008). Definition, diagnosis, and origin of extreme weather and climate events. In H. F. Diaz & R. J. Murnane (Eds.), Diaz, H.F., Murnane, R.J. (Eds.), Climate Extremes and Society. Cambridge University Press, Cambridge. (pp. 11–23). Cambridge University Press.
https://doi.org/10.1017/CBO9780511535840.004

Tiago de Oliveira, J. (1986). Extreme values and meteorology. Theoretical and Applied Climatology, 37(4), 184–193. https://doi.org/10.1007/BF00867576

Van de Pol, M., Jenouvrier, S., Cornelissen, J. H. C., & Visser, M. E. (2017). Behavioural, ecological and evolutionary responses to extreme climatic events. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 372(1723), 20160372.

Vecchi, G. A. & Knutson, T. R. (2008). On Estimates of Historical North Atlantic Tropical Cyclone Activity. Journal of Climate, 21(14), 3580–3600. https://doi.org/10.1175/2008JCLI2178.1

Walsh, K. J. E. (2004). Tropical cyclones and climate change: unresolved issues. Climate Research, 27(1), 77–83. https://doi.org/10.3354/cr027077

Walsh, K. J. E., McBride, J. L., Klotzbach, P. J., Balachandran, S., Camargo, S. J., Holland, G., Knutson, T. R., Kossin, J. P., Lee, T., Sobel, A. & Sugi, M. (2016). Tropical cyclones and climate change. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, 7(1), 65–89. https://doi.org/10.1002/wcc.371

Webster, P. J. (2005). Changes in Tropical Cyclone Number, Duration, and Intensity in a Warming Environment. Science, 309(5742), 1844–1846.
https://doi.org/10.1126/science.1116448

WMO. (2015). Guidelines on the Definition and Monitoring of Extreme Weather and Climate Events. Draft version – First review by TT-DEWCE (Issue December). World Meteorological Organization.

WMO. (2018). Guidelines on the definition and monitoring of extreme weather and climate events. Final Version. World Meteorological Organization.

EFECTO DE LOS CICLONES TROPICALES EN LA ZONA COSTERA DE JALISCO EN EL PERÍODO 1990-2019.

ALEJANDRA SARHAI RIVAS TAPIA, BIANCA GEORGINA GALLARDO ARCE,
ALONDRA CRISTINA BARRAGÁN NAVA, JULIO CÉSAR MORALES HERNÁNDEZ

CAPÍTULO 11



Efecto de los ciclones tropicales con declaratoria de emergencia y desastre del Centro Nacional de Prevención de Desastres en la zona costera de Jalisco (periodo 2000-2015)

Alejandra Sarhai Rivas Tapia[1], Bianca Georgina Gallardo Arce[2], Alondra Cristina Barragán Nava[2] y Julio Cesar Morales Hernández[3]
[1]Estudiante de Maestría en Desarrollo Sustentable y Turismo, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara. Av. Universidad de Guadalajara No. 203.
[2]Estudiante de Biología, Centro de Estudios Meteorológicos de la Costa, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara.
[3]Departamento de Ciencias Exactas, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara.
sarhairivas@gmail.com

Introducción

El impacto de los ciclones tropicales (CT) en los territorios está en función de su localización geográfica; depende de las condiciones ambientales para su desarrollo y de la disminución de exposición de los sistemas para adaptarse a las condiciones del estado del clima global. La magnitud con la que se presentan es importante en la valoración de la vulnerabilidad al cambio climático mediante la subdimensión de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación (Aguilar, 2004).

Son zonas de baja presión, ubicados dentro de los trópicos y en el hemisferio norte. Los vientos circulan en sentido contrario a las manecillas del reloj, conocido esto como circulación ciclónica (Romero, 2001). Constituyen uno de los fenómenos geofísicos que generan mayores pérdidas económicas en daños materiales e incluso en vidas humanas (Díaz, 2010). Estos eventos se clasifican según la velocidad de sus vientos y la presión en su centro. El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) los clasifica en tres niveles: depresión tropical (DT), tormenta tropical (TT) y huracán (H), como se muestra en la Tabla 11.1 (Rosengaus et al., 2002).

Tabla 11.1. Clasificación de los ciclones tropicales de acuerdo con la escala Saffir-Simpson

Clasificación	Velocidad del viento	Marea en metros	Nivel de daños
Depresión Tropical	0-62 km/h	≤1	Lluvias que pueden causar graves daños e incluso inundaciones.
Tormenta Tropical	63-118 km/h	0 – 3	Lluvias abundantes que pueden provocar inundaciones devastadoras. Vientos fuertes que pueden generar tornados.
Huracán I	119-153 km/h	1.2 - 1.7	Sin daños en las estructuras de los edificios. Afectaciones básicamente en casas flotantes no amarradas, arbustos y árboles. Inundaciones en zonas costeras y daños de poco alcance en puertos.
Huracán II	154-177 km/h	1.8 - 2.6	Daños en tejados, puertas y ventanas. Importantes perjuicios en la vegetación, casas móviles, etc. Inundaciones en puertos, así como ruptura de pequeños amarres.
Huracán III	178-209 km/h	2.7 - 3.9	Daños estructurales en edificios pequeños. Destrucción de casas móviles. Las inundaciones afectan edificaciones pequeñas en zonas costeras y objetos a la deriva pueden causar daños en edificios mayores. Posibilidad de inundaciones tierra adentro.
Huracán IV	210-249 km/h	4.0 - 5.5	Daños generalizados en estructuras protectoras, desplome de tejados en edificios pequeños. Alta erosión de bancales y playas. Inundaciones en terrenos interiores.
Huracán V	≥250 km/h	>5.5	Destrucción completa de tejados en algunos edificios. Las inundaciones pueden llegar a las plantas bajas de los edificios cercanos a la costa. Puede ser requerida la evacuación masiva de áreas residenciales.

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de Rosengaus et al. (2002).

México se encuentra en una zona geográfica de ciclogénesis activa, que lo convierte en un país vulnerable al impacto de estos fenómenos, tanto en el océano Atlántico como en el Pacífico (Jáuregui & Zitácuaro, 1995; SEMARNAT, 2008). Aunque en el Pacífico se crea la mayor densidad de estos acontecimientos por las circulaciones oceánicas y atmosféricas, estos tienden a alejarse de las costas mexicanas; sin embargo, se ha observado que su frecuencia e intensidad se han magnificado por los cambios climáticos (Farfán et al., 2013; Morales et al., 2013).

Generalmente, las ciudades costeras son las más afectadas a consecuencia de los efectos destructivos que acarrean estos fenómenos hidrometeorológicos (Díaz, 2010). Del lado del

Pacífico, en la zona costera de Jalisco, se han registrado diversos ciclones, los cuales han causado afectaciones considerables al sector turístico, pues se estima que es uno de los sectores con mayor aporte económico para el estado (INEGI, 2020; Morales et al., 2013). Hasta el momento, se tiene un registro histórico de los ciclones tropicales que han impactado en la región, entre los que destacan aquellos con declaratorias de emergencia y desastres por parte de CENAPRED durante el periodo del 2000 al 2015: Kenna (2002), Henriette (2007), Jova (2011), Manuel (2013) y Patricia (2015). Este último es el evento de mayor intensidad y aceleración registrado para la zona del Pacífico hasta la fecha, alcanzando la categoría 5 en la escala de Saffir-Simpson (CENAPRED, 2015; CONAGUA, 2020).

Cuando algunos de estos fenómenos son intensos, se registran afectaciones tanto en la zona de impacto, como en los lugares que se encuentran cerca de su trayectoria debido a los fuertes vientos, mareas y lluvias torrenciales que produce (Farfán et al., 2013; Morales et al., 2013). Un ejemplo de esto, es la afectación de la bahía en la región interestatal de Jalisco-Nayarit, donde se reportaron pérdidas materiales, principalmente en la infraestructura turística situada en la línea costera, así como impactos considerables en el sector agrícola y ganadero en los municipios que la conforman (Cabo Corrientes-Puerto Vallarta-Bahía de Banderas), debido a los remanentes del huracán Kenna que impactó el 25 de octubre del 2002 en el municipio de San Blas, en Nayarit, a 156 km de Puerto Vallarta (Figura 11.1). (CENAPRED, 2021, 2015)



Figura 11.1. Efectos del huracán Kenna (2002) en la zona turística de Puerto Vallarta Jalisco.
Fuente: www.discoveryvallarta.com

El sector turístico es uno de los más afectados por la variabilidad climática, especialmente por los eventos hidrometeorológicos extremos que impactan en la dinámica de playas y en la línea costera (CICC, 2009; Frausto, 2008; Palafox Muñoz & Gutiérrez, 2013). Los impactos llegan a representar daños o pérdida de instalaciones destinadas para el turismo, incapacitación de áreas potenciales para el desarrollo turístico, así como la disminución de la actividad de los prestadores de servicios y turistas (Bojórquez et al., 2010). Al respecto, Rodríguez (2004) señala que las pérdidas cuantificadas durante los desastres, después de un evento natural extremo en México, se estimaron en 10 764 millones de dólares para el año 2000.

Entre los fenómenos naturales que generan situaciones de crisis, destacan los ciclones tropicales con el 43 % de las pérdidas económicas (Rodríguez, 2017). Los principales impactos de los ciclones en las zonas costeras se deben a la marea de tormenta, el oleaje, los vientos fuertes y las lluvias intensas; lo que genera afectaciones socioeconómicas y ambientales que pueden producir desastres, principalmente en ciudades turísticas costeras debido a la gran cantidad de habitantes que albergan (Figura 11.2). (CENAPRED, 2007)

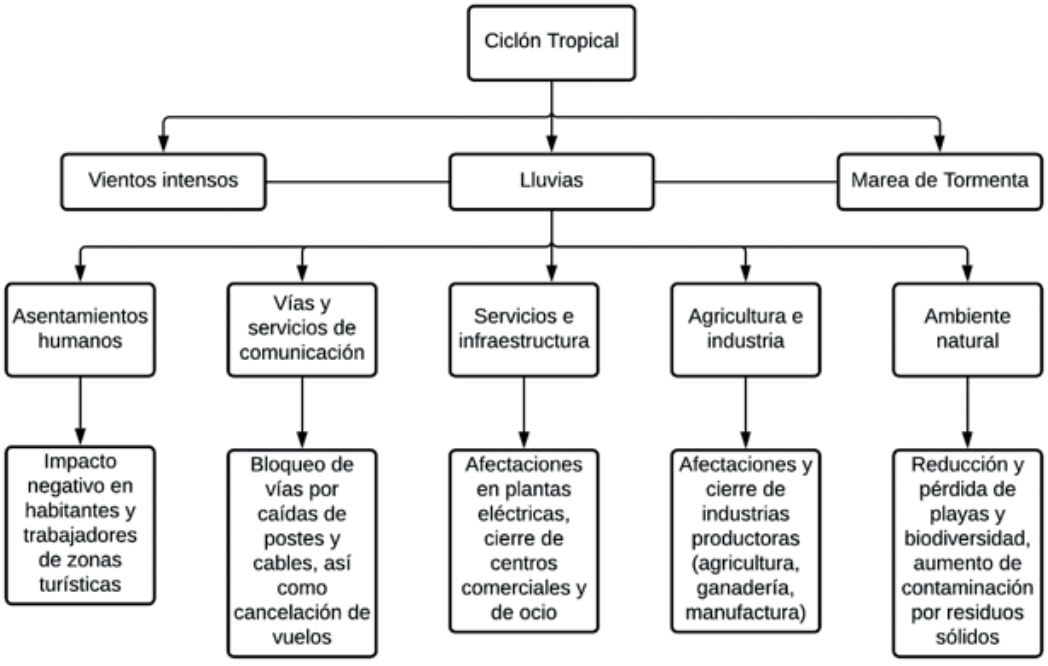


Figura 11.2. Afectaciones en ciudades turísticas costeras por efectos de ciclones tropicales. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de CENAPRED, 2007

Algunos ejemplos de otros huracanes que provocaron situaciones catastróficas considerables en México, pero del lado de Atlántico, son Gilbert en 1988, Isidoro en 2002 y Wilma en 2005. A pesar de que no son considerados dentro de este estudio, es importante resaltar que tuvieron un gran costo de reconstrucción para Cancún y Yucatán, dos de los destinos turísticos y productivos de mayor relevancia económica en México que resaltan la vulnerabilidad de las ciudades costeras ante eventos ciclónicos.

Por lo anteriormente referido, se precisa que, frente al incremento de los ciclones tropicales, se priorice la implementación de estudios que promuevan programas de adaptación y Sistemas de Alerta Temprana (SIAT) para destinos turísticos, así como la elaboración de mapas de vulnerabilidad y riesgo ante eventos hidrometeorológicos como parte de las estrategias para minimizar los impactos negativos en estas regiones (CICC, 2009; Calvo, 2009). Urge entonces realizar un estudio más detallado de la respuesta de las ciudades costeras ante estos eventos, ya que presentan una alta sensibilidad y exposición a los mismos.

México debe consolidar, aún con mayor fuerza, una estrategia global que coordine el conjunto de acciones y de las políticas públicas orientadas a mitigar y adaptarse el cambio climático, principalmente para las localidades con mayor vulnerabilidad. Se investiga en el presente estudio los efectos en el bienestar de las zonas costeras del estado de Jalisco, ante el impacto de los ciclones tropicales. Con ello, se proporcionará información para la toma de decisiones que contribuyan a una mejor gestión sobre la adaptación frente al cambio climático.

Área de estudio

La costa de Jalisco se encuentra al este del océano Pacífico, colinda al norte con Nayarit, y al sur con Colima, y comprende los municipios: Puerto Vallarta, Cabo Corrientes, Tomatlán, La Huerta y Cihuatlán. Sus coordenadas geográficas abarcan desde: latitud N 20º27'00"y longitud O 104º55'00"; altitud 2 msnm (Puerto Vallarta) a latitud N 19°08'; longitud O 104°04'; altitud 13 msnm (Cihuatlán). Cuenta con una superficie de 12 963.62 km^2, de los cuales 5 959.23 son de la costa norte y 7 004.39 de la costa sur (Figura 11.3) (IIEG, 2018a; 2018b; 2018c; 2018d; 2018e).

La zona de estudio posee un clima semitropical y húmedo en el norte (Puerto Vallarta y Cabo Corrientes) y un clima semiseco al sur (Tomatlán, La Huerta y Cihuatlán). La tempe-

ratura fluctúa de 19 a 35°C; la media anual es de 26°C. Presenta una precipitación media anual de 1 400 milímetros al norte de la región y 1 000 al sur (Gobierno de Jalisco, 2019). El tipo de vegetación que presenta la costa de Jalisco varía entre selva baja subcaducifolia, selva mediana subcaducifolia, bosque de pino-encino y matorrales. Cuenta con una biomasa más providente de selva baja (INEGI, 2016).

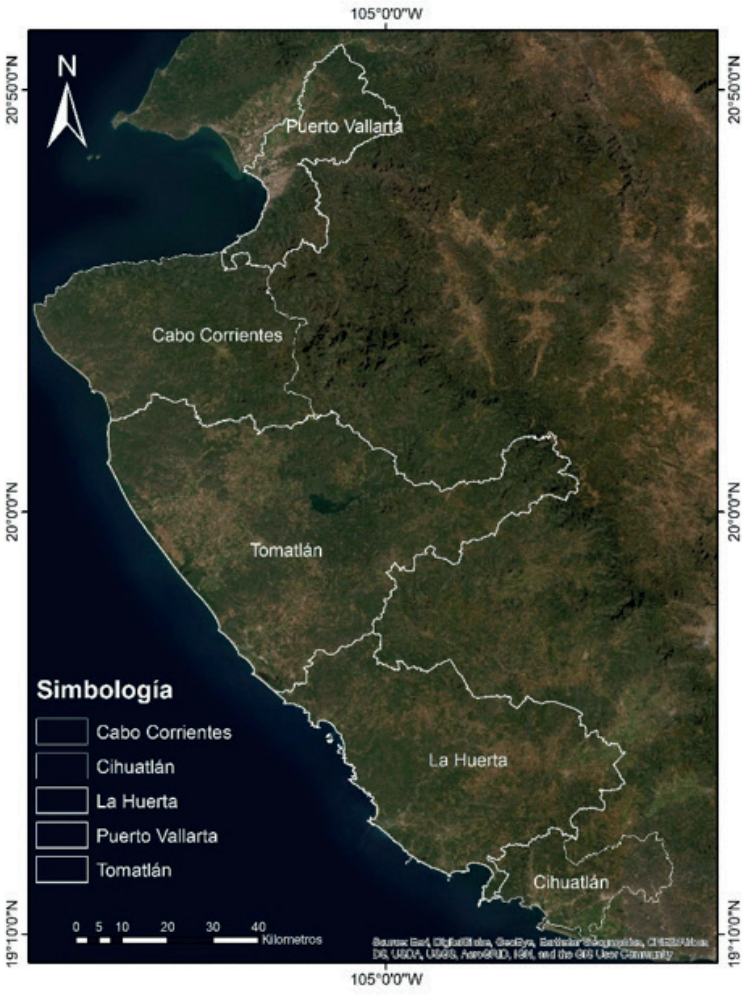


Figura 11.3. Zona de estudio de los municipios costeros de Jalisco
Fuente: elaboración propia

Metodología

Se seleccionaron los ciclones tropicales que documentan una declaratoria de emergencia y desastre emitida por CENAPRED durante el periodo del 2000 al 2015. La investigación ha

sido delimitada hasta este último año mencionado debido a que los registros de desastres por impacto de eventos hidrometeorológicos se reportan hasta esa fecha.

Las trayectorias de los ciclones tropicales se obtuvieron del Centro Nacional de Huracanes de los Estados Unidos (NHC). La base de datos HURDAT2 (*National Hurricane Cente*r [NHC], 2016) contiene información de dichos fenómenos originados en los océanos Atlántico (1851 al año 2015) y Pacífico (1949 al año 2015). Para homogeneizar el análisis se analizaron todas las trayectorias de ciclones tropicales originados en el Pacífico desde el año 2000 hasta el 2015.

Estas trayectorias se forman a partir de la información de ubicación e intensidad del centro de circulación de los ciclones tropicales en intervalos de seis horas, hasta que termina el tiempo de vida de este. Cuando la ubicación del centro del ciclón llega a costas o al interior del continente, se considera como un impacto directo que viene acompañado de vientos y lluvias.

Se analizaron las trayectorias de los ciclones tropicales históricos mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y con esta herramienta se definieron áreas de influencia de 250 km a partir del centro de estos fenómenos que permitieron identificar su aproximación a la zona costera. Para obtener sus trayectorias se utilizó el software «Busca Ciclones» versión 3.1.0, que proporciona el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). Se exportaron, posteriormente, al programa de ArcGis para ubicar dichas trayectorias.

Finalmente, se elaboró una base de datos de los efectos socioeconómicos en la zona costera del estado después del impacto de un evento. Para ello se utilizaron datos sobre los daños y pérdidas ocasionadas, que se elaboraron por la subdirección de estudios económicos y sociales de la dirección de análisis y gestión del riesgo.

Resultados

En el periodo de interés se registraron seis ciclones tropicales con declaratoria de emergencia y desastre en la zona de estudio. Se analizaron los efectos que generaron daños y pérdidas en la infraestructura urbana y turística, así como en el sector productivo de la costa de Jalisco. Los eventos reportados en esta investigación son: Kenna (2002), Lane (2006),

Henriette (2007), Jova (2011), Manuel (2013) y Patricia (2015), los cuales se describen a continuación.

Huracán Kenna

Este fenómeno es uno de los eventos que dejó considerables afectaciones en más de un estado. Impactó en el municipio de San Blas, Nayarit, a 156 km de Jalisco por la línea costera, sin embargo, la marea de tormenta, asociada al cuarto cuadrante del ciclón tropical, generó graves afectaciones en la zona centro de Puerto Vallarta, considerado el principal destino turístico del estado.

Kenna se formó del 21 al 25 de octubre del 2002 con vientos sostenidos de hasta 230 km/h. En la madrugada del día 25, cuando su ojo bien definido se encontraba a 150 km al oeste-suroeste de Cabo Corrientes, el huracán alcanzó su mayor fuerza (categoría V de la escala Saffir-Simpson) al presentar vientos máximos sostenidos de 270 km/h con rachas de 325 km/h, intensidad con la que se acercó a 65 km al oeste de Cabo Corrientes, y con la que horas más tarde impactó al suroeste de San Blas. (Figura 11.4).

Los niveles más altos de precipitación que generó se localizaron en el municipio de Talpa de Allende, en Jalisco, con un total de 145 mm. Se detectaron lluvias más ligeras al noroeste del municipio de Tomatlán con precipitación de 2 mm. Kenna superó en intensidad al huracán Isidoro, que en septiembre de 2002 tocó tierra como categoría IV en la escala de Saffir-Simpson en Yucatán, por la parte del Atlántico, convirtiéndose así en el segundo más intenso en México durante el periodo de 1980 a 2002, superado por Gilbert en septiembre de 1988, el cual alcanzó vientos máximos sostenidos de 270 km/h durante su impacto en Quintana Roo. En registros históricos del Pacífico, Kenna es el tercero más potente en impactar el territorio mexicano, después del Gran Huracán de Manzanillo en octubre de 1959, que alcanzó la categoría V con vientos de 260 km/h y del huracán Madeline, en octubre de 1976 que impactó en Michoacán como categoría IV con vientos de 232 km/h.

Al analizar las afectaciones de este evento por impacto indirecto en la costa de Jalisco, especialmente en el municipio de Puerto Vallarta, se registraron estragos de gran magnitud ocasionados por la gran velocidad del viento y el efecto del fuerte oleaje. Los mayores daños se localizaron en la infraestructura pública, principalmente en el malecón de la ciudad y en los comercios cercanos a la zona de playa. De la misma manera, se vieron afectados

diversos establecimientos dedicados a los servicios turísticos de hospedaje y de alimentos aledaños a la línea costera. Los efectos se sintieron más allá del periodo que duró el evento por el cierre de establecimientos y la pérdida de ingresos asociada al cese de actividades en el puerto; los sectores del comercio y los servicios fueron los más afectados con el 86% de las pérdidas totales (Bitrán et al., 2003).

Se estima que los daños generados por el huracán Kenna en los municipios afectados del estado de Jalisco ascienden a 329.6 millones de pesos, de los cuales el 67.7 % corresponde a daños directos, es decir, a la destrucción de las infraestructuras, mientras que el 32.3 % corresponde a pérdidas en la producción de bienes y servicios, registrados como daños indirectos.

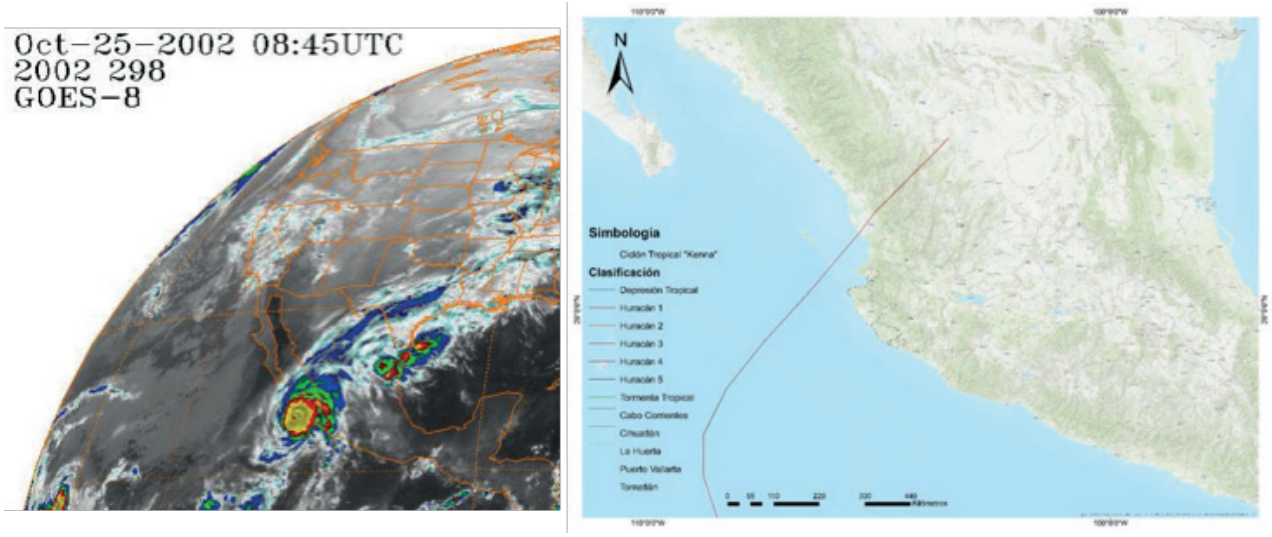


Figura 11.4. Imagen del satélite GOES 8 del huracán Kenna en 2002 y su trayectoria en las costas de Jalisco.
Fuente: https://www.ncdc.noaa.gov/gibbs/

Huracán Lane

Su periodo fue del 13 al 17 de septiembre del 2006, como resultado de una amplia zona de baja presión localizada a 200 km al sur de las costas de Guerrero. El primer aviso emitido fue por alerta de lluvias intensas en Tecpan de Galeana, Guerrero, para después generar la primera alerta de emergencia en Cabo Corrientes, Jalisco por índice de peligrosidad moderado. Pasó de ser tormenta a huracán el día 15 de septiembre a 65 km al oeste-noroeste de Cabo Corrientes, cuando el índice de peligrosidad se eleva de moderado a fuerte, con alerta

en los municipios costeros de Jalisco, Nayarit y Sinaloa (Figura 11.5). Para el 16 de septiembre, pasó de ser categoría 1 a 3, alcanzando su máxima intensidad con vientos máximos sostenidos de 205 km/h y rachas de 250 km/h.

Se reportaron 4 470 personas afectadas y un total de 894 viviendas dañadas, además de 12 establecimientos de educación y salud con deterioros, y un aproximado de 1,834 h de cultivo con pérdidas parciales y totales entre los cinco municipios de la costa de Jalisco.

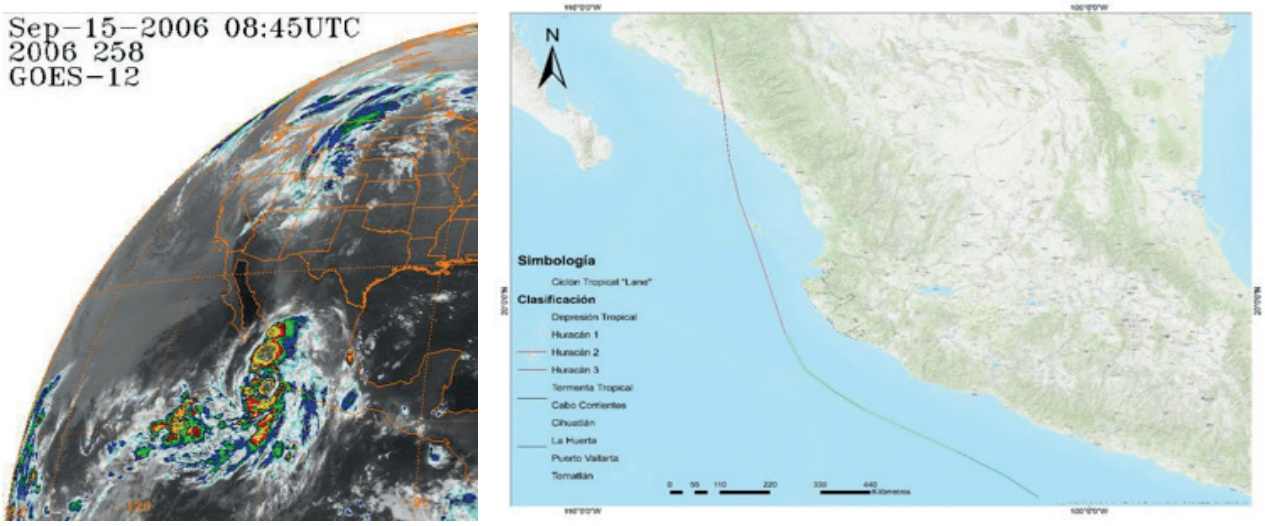


Figura 11.5. Imagen del satélite GOES 12 del huracán Lane en 2006 y su trayectoria en las costas de Jalisco. Fuente: https://www.ncdc.noaa.gov/gibbs/

Huracán Henriette

Se formó en el Pacífico del 30 de agosto al 6 de septiembre del 2007. El día 2 de septiembre, la tormenta se localizó a 260 km al oeste de Cihuatlán, Jalisco y su desplazamiento cambió con dirección al noroeste a 7 km/h, registrando vientos sostenidos de 110 km/h y rachas de 140 km/h (Figura 11.6). Se reportaron afectaciones en los municipios costeros de Jalisco, a excepción de Puerto Vallarta.

Los daños en 1 144 viviendas en la costa de Jalisco afectaron a 5 720 personas. La suma total de pérdidas ascendió a 91.7 millones de pesos; los sectores agrícola y ganadero fueron los de mayor impacto.

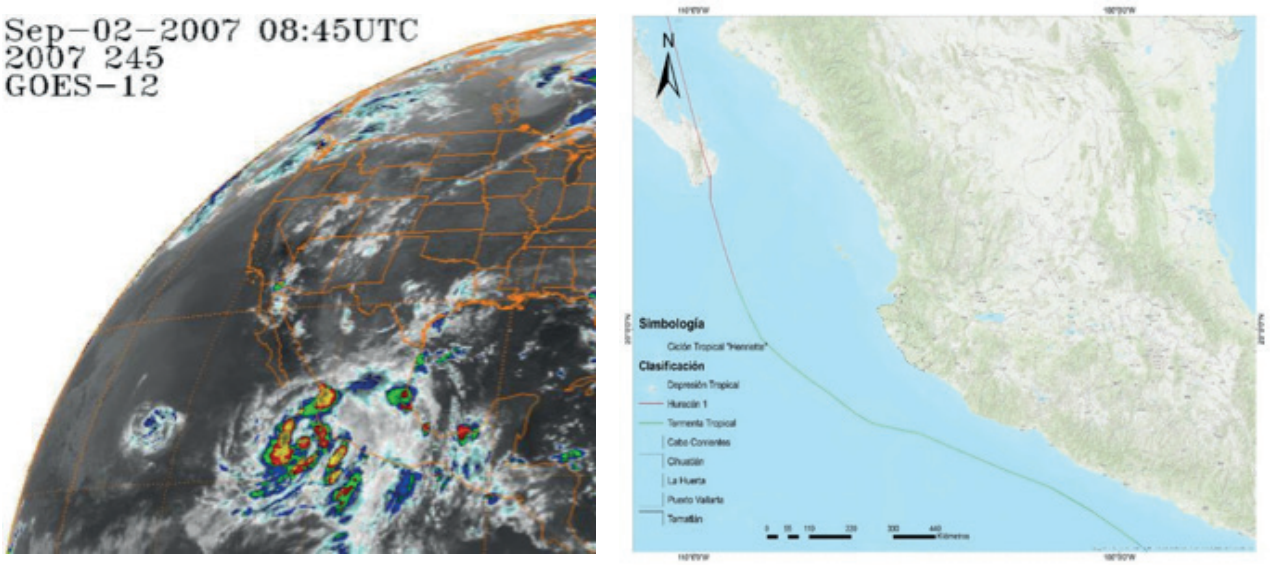


Figura 11.6. Imagen del satélite GOES 5 del huracán Henriette en 2007 y su trayectoria en las costas de Jalisco.
Fuente: https://www.ncdc.noaa.gov/gibbs/

Huracán Jova

Se generó del 6 al 13 de octubre del 2011, y aunque alcanzó su máxima categoría el día 10 de octubre con vientos sostenidos hasta 205 km/h, Jova aún se encontraba a 400 km al suroeste de Manzanillo (Colima). No fue hasta el día 12 que el evento tocó tierra en el pueblo La Fortuna, municipio de La Huerta, Jalisco (Figura 11.7). La precipitación asociada a este fenómeno fue abundante en el municipio de La Huerta y la parte norte de Cihuatlán, con el máximo nivel de agua de 411 mm. Jova se adentró al continente como un huracán categoría 1 con fuertes vientos y lluvias, lo que propició afectaciones tanto en las zonas agrícolas y los pastizales cultivados, como en las áreas urbanas, principalmente en los dos municipios donde se registró el impacto.

Los recursos solicitados para la reconstrucción por parte del gobierno del estado superaron los 500 millones de pesos. Se consideró como una cifra alarmante para la historia de Jalisco, dado que desde la creación del Fondo para Desastres no se había solicitado un monto similar; lo que posiciona a Jova como el evento que causó el desastre más costoso en años recientes en el estado, pues superó los mil cien millones de pesos. La infraestructura educativa fue sin duda la que mayores afectaciones registró dentro de los sectores sociales, seguida por la infraestructura hidráulica y los daños a la vivienda. Afortunadamen-

te, el sector de la salud no sufrió pérdidas en unidades médicas, sin embargo, sí realizó un despliegue importante de personal para las labores correspondientes al operativo de salud (CENAPRED, 2012).

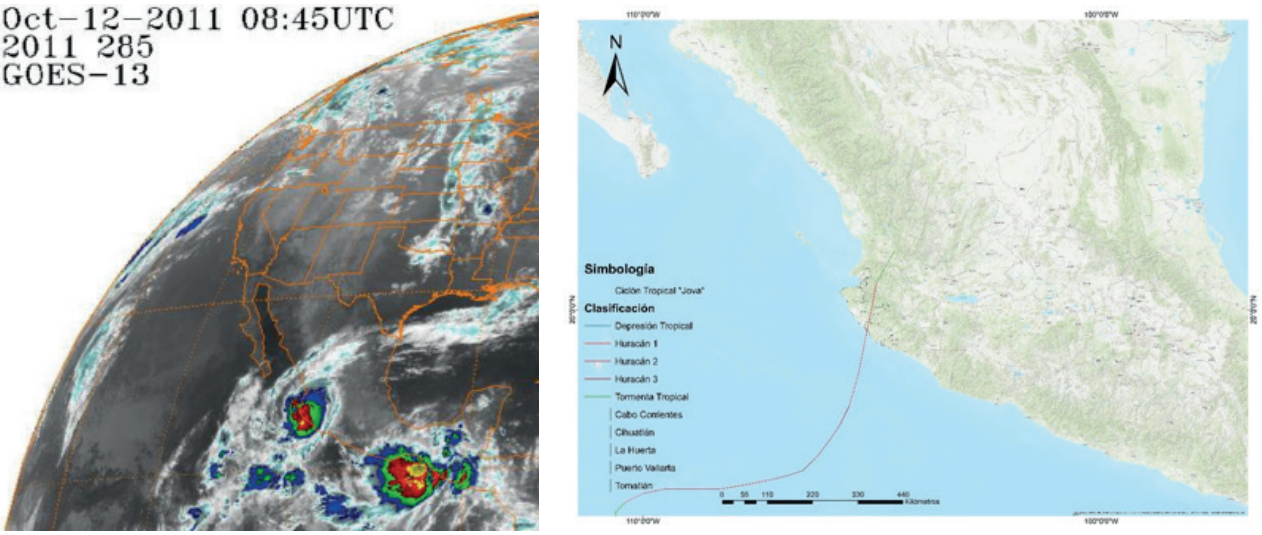


Figura 11.7. Imagen del satélite GOES 5 del huracán Henriette en 2007 y su trayectoria en las costas de Jalisco.
Fuente: https://www.ncdc.noaa.gov/gibbs/

Huracán Manuel

Este evento atmosférico se originó a partir de un sistema de baja presión al sur de Acapulco, el 13 de septiembre del 2013. A partir de su magnificación a ciclón tropical, siguió una dirección hacia el nor-noroeste del país, atravesando cuatro de los cinco municipios costeros de Jalisco (Figura 11.8). La importancia del análisis de este fenómeno está dada por la interconexión generada con el huracán Ingrid que se desarrolló al mismo tiempo en el Golfo de México, provocando lluvias torrenciales e inundaciones en gran parte del territorio mexicano. De manera puntual para Jalisco, Manuel resalta por ser uno de los eventos con más de daños a viviendas, y por registrar la mayor cantidad de municipios con declaratoria de emergencia de la última década.

Según un análisis publicado sobre el impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en 2013, la tormenta tropical Manuel fue una de las

más costosas. En Jalisco se registraron afectaciones para 32 676 personas, 37 viviendas, 15 escuelas y 3,747.8 hectáreas de área de cultivo, traduciéndose en 651.9 miles de pesos en daños.

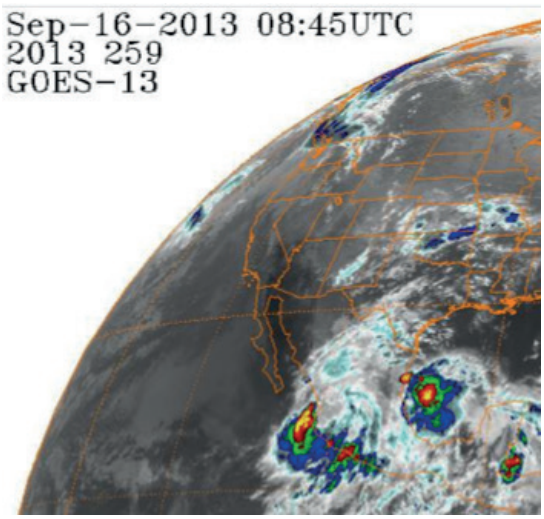




Figura 11.8. Imagen del satélite GOES 13 del huracán Manuel en 2013 y su trayectoria en las costas de Jalisco.
Fuente: https://www.ncdc.noaa.gov/gibbs/

Huracán Patricia

Se considera el evento más intenso registrado en el Pacífico (del 20 al 24 de octubre del 2015). En la madrugada del 22, Patricia se catalogó como huracán categoría 1 y en la del 23 ya se había posicionado a categoría 5, lo que demostró una rápida intensificación en menos de 24 horas. En las primeras horas del 24, disminuyó tu intensidad a categoría 4 en las inmediaciones de Bahía Chamela, con vientos de 214 km/h y rachas de hasta 259 km/h. Posteriormente, al ingresar por el municipio de Cihuatlán, se degradó a categoría 1 en un lapso de 6 horas (Figura 11.9).

Las principales afectaciones a causa de este evento fueron lluvias intensas con tormentas eléctricas sobre Nayarit, Jalisco, Colima y Michoacán. Los niveles más altos de precipitación registrados en el área de estudio se ubicaron en el municipio de Cihuatlán y el municipio de la Huerta con hasta 230 mm. Se reportaron 76 823 personas afectadas, 220 viviendas, 140 escuelas y 24 hospitales con daños, lo que ascendió a una suma de 1 108 millones de pesos en afectaciones.

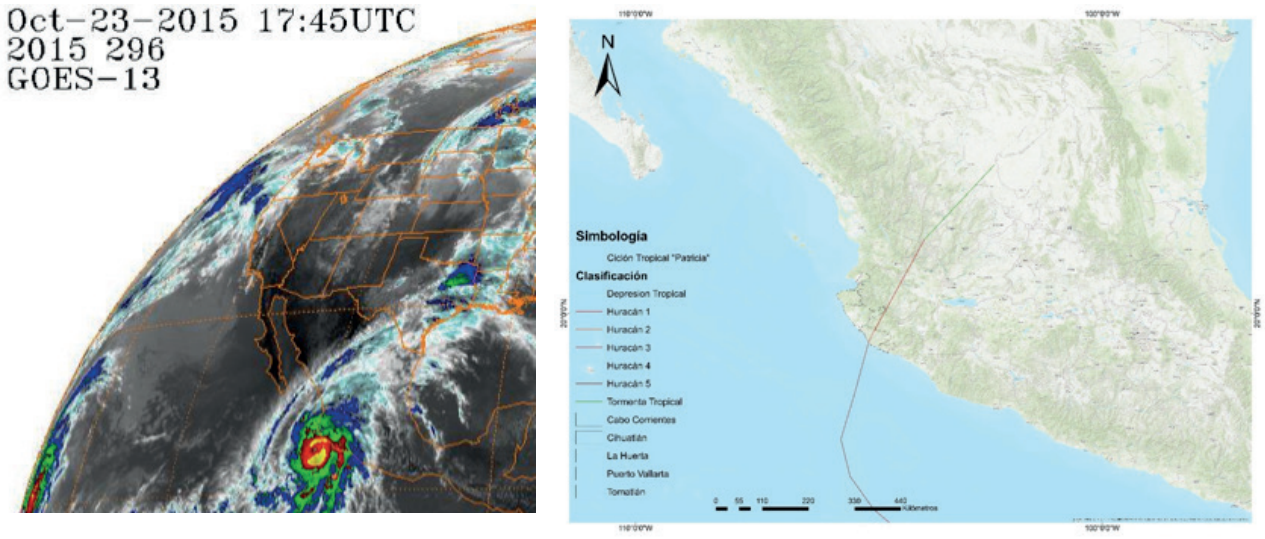


Figura 11.9. Imagen del satélite GOES 13 huracán Patricia en 2015 y su trayectoria en las costas de Jalisco.

Fuente: https://www.ncdc.noaa.gov/gibbs/

El impacto socioeconómico que generaron los seis fenómenos analizados ascendió a 3 255.1 millones de pesos y más de 270 mil personas damnificadas. La cuantificación de sus efectos se muestra desglosada en la Tabla 11.2, donde se indican el total de personas afectadas por evento, las viviendas dañadas reportadas, la infraestructura de educación y salud con agravios, las áreas de cultivo con hectáreas dañadas y el total en millones de pesos de las afectaciones.

Tabla 11.2. Impactos socioeconómicos de los ciclones tropicales con declaratoria de emergencia y desastre en las costas de Jalisco

Evento	Año	Defunciones	Población afectada (personas)	Viviendas dañadas	Infraestructura de educación y salud dañada	Área de cultivo dañada o pastizales (ha)	Total de daños en millones de pesos
Kenna	2002	2	151 452	97	1	71	329.6
Lane	2006	-	4 470	894	12	1 834	134
Henriette	2007	-	5 720	1 144	3		91.7
Jova	2011	5	2 565	29	47	2 977	1 118.4
Manuel	2013	2	31 598	37	15	-	473.3
Patricia	2015	6	76 823	220	164	10 305.4	1 108.1

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de CENAPRED, 2015

Conclusiones

Es una realidad que los centros de asentamientos humanos construidos en la costa presentan mayor grado de exposición ante fenómenos hidrometeorológicos, sin embargo, esto puede cambiar en la medida en que se refuercen los mecanismos de planificación y gestión de riesgos que permitan a los habitantes adoptar medidas resilientes (ONU-Habitat, 2016). Al considerar lo anterior, es necesario optar por planes de desarrollo urbano que prioricen una infraestructura que permita disminuir los efectos de los ciclones tropicales y que genere el menor impacto ambiental posible, lo que evita la destrucción de ecosistemas costeros, los cuales disminuyen la sensibilidad a este tipo de eventos extremos (Sajjad y Chan, 2019).

Es imposible deslindar un ciclón tropical de sus probables efectos, que pueden llegar a convertirse en desastres. Bouwer (2011) analizó el incremento de las incidencias y de las pérdidas económicas generadas de los eventos que se relacionan con el clima, tal es el caso de las tormentas, ciclones tropicales, inundaciones, entre otros (Mata, 2000).

Con la realización de esta investigación se contribuye al estudio de la vulnerabilidad urbana y la exposición a los ciclones tropicales en la costa de Jalisco. Se resalta la importancia de una mayor generación de conocimiento a nivel local sobre los impactos de estos y otros eventos de interés socioeconómico. Asimismo, busca fortalecer las acciones de planificación territorial basada en la prevención de desastres en los sectores expuestos y a la toma de decisiones desde la visión comunitaria.

Se observa que los impactos de estos fenómenos sobre el turismo son multisectoriales y dejan ver la alta dependencia de algunas localidades hacia este tipo de actividades económicas. Continúa siendo un tema preocupante la gran cantidad de costos económicos invertidos para la recuperación de una región después del desastre generado en algunas ocasiones por un ciclón tropical (CENAPRED, 2015). En el caso del sector turístico en la costa de Jalisco, se observa que posee gran potencial para adaptarse a estos eventos (Baños et al., 2020).

Finalmente, se concluye que estos fenómenos destacan la necesidad de debatir abiertamente los riesgos y retos de los desastres naturales y crear soluciones que sean económica y políticamente aceptables. El crecimiento de la población, el exceso de desarrollo urbanístico y la destrucción de los hábitats naturales, aumentan la probabilidad y los costos de

las catástrofes. Se infiere que esta tendencia en el incremento de la magnitud e intensidad que han presentado los Ciclones Tropicales en la última década, está estrechamente vinculada con el aumento de la temperatura del mar. Es consecuencia del cambio climático, que acentúa la urgencia de la implementación de acciones adaptadas en todos los niveles de la sociedad, con el propósito de minimizar los efectos de eventos hidrometeorológicos extremos.

Referencias bibliográficas

Baños, J. A. F., Huízar, M. de los Á. & López, J. L. (2020). Políticas de gestión turística, transformación urbana y patrimonio en Puerto Vallarta, México. PatryTer, 3(6), 51–65. https://doi.org/10.26512/patryter.v3i6.26958

CENAPRED, C. N. de P. de D. (2015). Atlas Nacional de Riesgos, Evaluación del Impacto Económico y Social de los Desastres. CENAPRED. Gobierno de México. http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/descargas.html

CENAPRED. (2021). Sistema de Consulta de Declaratorias 2000-2021. Atlas Nacional de Riesgos. http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/apps/Declaratorias/

CONAGUA, C. N. del A. (2020). Información Histórica de Ciclones Tropicales. 2020. https://smn.conagua.gob.mx/es/ciclones-tropicales/informacion-historica

Díaz, S. C. (2010). Variabilidad de los ciclones tropicales que afectan a México. Interciencia, 35(4), 306-310.

Farfán, L. M., Alfaro, E. J. & Cavazos, T. (2013). Characteristics of tropical cyclones making landfall on the Pacific coast of Mexico: 1970-2010. Atmosfera, 26(2), 163–182. https://doi.org/10.1016/S0187-6236(13)71070-1

Frausto, O. (2008). Línea de investigación en turismo y desastres naturales: Introducción al estudio de las amenazas, riesgos y desastres naturales en Palafox Muñoz, A. y O. Frausto Martínez (Coords.). Turismo: desastres naturales, sociedad y medio ambiente, pp. 15-24, Plaza y Valdés-Universidad de Quintana Roo, México.

IIEG. (2018). Instituto de Información Estadística y Geográfica. Diagnóstico municipal: Puerto Vallarta, recuperado el 30 de noviembre del 2020 de https://iieg.gob.mx/contenido/Municipios/PuertoVallarta.pdf

INEGI-Censo Económico. (2020). Censos Económicos 2019. CE. Censos Económicos 2019. CE.

Instituto de Información Estadística y Geográfica (2018). Diagnóstico municipal: Cabo Corrientes, recuperado el 30 de noviembre del 2020 de https://iieg.gob.mx/contenido/Municipios/Cabocorrientes.pdf

Instituto de Información Estadística y Geográfica (2018). Diagnóstico municipal: Tomatlán, recuperado el 30 de noviembre del 2020 de https://iieg.gob.mx/contenido/Municipios/Tomatlan.pdf

Instituto de Información Estadística y Geográfica (2018). Diagnóstico municipal: La Huerta, recuperado el 30 de noviembre del 2020 de https://iieg.gob.mx/contenido/Municipios/LaHuerta.pdf

Instituto de Información Estadística y Geográfica (2018). Diagnóstico municipal: Cihuatlán, recupe-

rado el 30 de noviembre del 2020 de https://iieg.gob.mx/contenido/Municipios/Cihuatlan.pdf
Morales Hernández, J. C., Molina Farfán, L. M., Maciel-Carrillo González, F., Cornejo López, V. M., & Téllez López, J. (2013). Influencia de los ciclones tropicales del periodo 1970 al 2010 en la región de Bahía de Banderas, Nayarit-Jalisco, México. Investigación y Ciencia, 59, 13–24. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67430113002
ONU-Habitat. (2016). ONU-Habitat-Ciudades Resilientes. http://onuhabitat.org.mx/index.php/ciudades-resilientes
Palafox Muñoz, A., & Gutiérrez Torres, A. (2013). Cambio climático y desarrollo turístico. Efectos de los huracanes en Coxumel, Quintana Roo y San Blas, Nayarit. Investigación y ciencia, 58, 36–46. https://investigacion.uaa.mx/RevistaIyC/archivo/revista58/Articulo 5.pdf
Rodríguez, J. M. (2017). 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), 133-152. Doi: https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/disertaciones/a.4778
Sajjad, M. & Chan, J. C. L. (2019). Risk assessment for the sustainability of coastal communities: A preliminary study. Science of the Total Environment, 671, 339–350. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.326



Epílogo

En los últimos años, los efectos del cambio climático a nivel mundial han sido más frecuentes y reconocidos por la sociedad en general. No cabe duda de que los fenómenos meteorológicos extremos, el aumento en el nivel del mar y la erosión costera se cuentan entre los factores y problemas ambientales más conocidos derivados de este fenómeno global, por lo que las comunidades que habitan las zonas costeras son las más vulnerables ante los efectos de tales procesos e impactos negativos.

Este libro es una mirada a dicha problemática en las costas del Pacífico y el Caribe mexicanos, consideradas regiones de gran importancia con respecto a la biodiversidad, turismo, agricultura, ganadería, industria y todas las actividades económicas de los sistemas socioecológicos que ahí se distribuyen. La atención de los autores ha estado en la integración de actividades y recursos naturales y el incremento de la vulnerabilidad ambiental en función de los embates de fenómenos climatológicos extremos, que acrecientan las condiciones de marginación, pobreza y falta de oportunidades.

Por tal motivo, se reconoce que las investigaciones multidisciplinarias, vistas desde un enfoque socioambiental, pueden representar una fortaleza a la hora de tomar decisiones de planificación y ordenación del territorio. No obstante, y de acuerdo a los artículos aquí presentados por diversos investigadores, la problemática es la misma en ambas regiones de estudio; y me atrevo a decir que corresponde a una radiografía regional como ejemplo de los problemas que ocurren a nivel global, y específicamente, el incremento descontrolado de la población, considerado hoy uno de los fenómenos que incide en el cambio y la destrucción de hábitats naturales y de sus funciones ecosistémicas.

Un logro muy loable ha sido la concertación y colaboración para conseguir este esfuerzo, tanto de las Universidades de Guadalajara y de Quintana Roo, como de la Universidad de Matanzas y su Editorial UM, que ha cumplido una excelente revisión y producción.

El reto ahora de los investigadores y de sus instituciones será continuar con la responsabilidad de generar información tendiente a disminuir los efectos del cambio climático; y en su caso, generar las pautas para incorporar la resiliencia como atributo gubernamental, con el objetivo de conducir a las sociedades hacia metas colectivas y garantizarles niveles mínimos de seguridad y certidumbre. Todo esto, a través de programas de gobernanza responsables de la dirección, inspección y vigilancia para el mantenimiento del dinámico orden social mediante el consenso y la conformidad. Es así como esta obra «Cambio climático y turismo en las costas Caribe y Pacífico de México» podrá trascender como una herramienta en los diferentes niveles de Gobierno.

Dr. Oscar Frausto Martínez

Sobre los autores

Rosa María Chávez Dagostino



Licenciada en Biología por la Universidad de Guadalajara, Maestra en Ingeniería Pesquera, orientación en Impacto ambiental por la Universidad Autónoma de Nayarit y Doctor en Desarrollo Sustentable y Turismo por la Universidad de Guadalajara. Actualmente es profesor-investigador Titular del Departamento de Ciencias Biológicas del Centro Universitario de la Costa de la Universidad de Guadalajara. Miembro del CA Análisis Regional y Turismo, con las líneas de investigación Patrimonio Natural, Turismo alternativo (de base comunitaria) y Turismo de naturaleza, Impactos del Turismo, Turismo en Áreas Naturales Protegidas y Pesca. Miembro del SNI-I y de la Academia Mexicana de Investigación Turística y de la Red de Socioecosistemas y Sustentabilidad. Responsable de proyectos financiados por Coecytjal 2009: Evaluación del Turismo de naturaleza en la Costa de Jalisco y 2011: Diseño de un Producto Turístico en la Sierra Occidental de Jalisco. Consultor en el Plan de Uso Público del Parque Nacional Islas Marietas financiado por GIZ, 2016. Autora y coautora de más de 60 artículos, capítulos de libros y libros. Dirige tesis de posgrado en los programas reconocidos por CONACYT en el PNP Desarrollo, Sustentabilidad y Turismo y Biosistemática, Ecología, Manejo de Recursos Naturales y Agropecuarios, ambos de la Universidad de Guadalajara.

José Luis Cornejo Ortega



Profesor-investigador del Departamento de Estudios Socioeconómicos del Centro Universitario de la Costa de la Universidad de Guadalajara, Miembro del Cuerpo Académico Análisis Regional y Turismo. Doctor en Ciencias en Biosistemática, Ecología y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas, Miembro de la Red Latinoamericana de Investigadores en Desarrollo y Turismo. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Miembro del Cuerpo Académico Consolidado Análisis Regional y Turismo. Sus líneas de investigación incluyen: prospectiva, calidad de vida y bienestar social. Actual Secretario Académico del Centro Universitario de la Costa de la Universidad de Guadalajara. Coautor de nueve artículos en revistas indizadas, seis coautorías de libros y más de 17 capítulos en coautoría con temas relacionados al turismo, la sustentabilidad y el manejo de áreas naturales protegidas, así como ponente en más de 35 congresos, tanto nacionales como internacionales.

Myrna Leticia Bravo Olivas



Licenciada en Biología por la Universidad de Occidente, Maestra en Ciencias en Manejo de Recursos Marinos por el Instituto Politécnico Nacional y Doctorado en Ciencias por la Universidad de Guadalajara. Labora en la Universidad de Guadalajara como profesor-investigador Titular impartiendo cursos a nivel licenciatura y posgrado. Miembro del Cuerpo Académico Consolidado Análisis Regional y Turismo. Sus líneas de investigación incluyen: prospectiva, calidad de vida y bienestar social, dentro de estas, ha colaborado en los proyectos Turismo de naturaleza en la costa de Jalisco, Tomatlán a futuro: edificando el porvenir 2012-2040 y Prospectiva de la pesca deportiva y ribereña en la Bahía de Banderas, Nayarit-Jalisco.

Edmundo Andrade Romo



Licenciado en Letras Hispanoamericanas de la Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Guadalajara; Doctor por la Universidad de Oviedo, España. Profesor titular "C" del Departamento de Arte, Educación y Humanidades del Centro Universitario de la Costa de la UdeG. Miembro del Cuerpo Académico Consolidado Análisis Regional y Turismo, con las líneas de investigación Patrimonio Cultural, Bienestar social y Desarrollo. Dirige tesis de posgrado en los programas reconocidos por CONACYT en el PNP Desarrollo, Sustentabilidad y Turismo.

Rodrigo Espinoza Sánchez



Licenciado en Administración de Empresas en el Instituto Tecnológico de Colima. Obtuvo el grado de maestro en la Universidad de Guadalajara, y en el 2010 se graduó de Dr. en Educación en la Universidad de Tijuana. Es miembro del Cuerpo Académico Consolidado de Análisis Regional y Turismo UDG-CA-443, y trabaja las líneas de investigación: calidad de vida y bienestar social, Turismo rural y Desarrollo, Comunidades de práctica turística y Emprendimientos sociales turísticos. Dirige tesis de posgrado en los programas reconocidos por CONACYT en el PNP Desarrollo, Sustentabilidad y Turismo.

Anita Martínez Méndez



Doctora en geografía por la Universidad de Quintana Roo. Maestra en construcción y licenciada en arquitectura por el Instituto tecnológico de Chetumal. Su línea de investigación es Resiliencia de la infraestructura urbana. Posee publicaciones de capítulo de libro y artículos acerca de la Infraestructura urbana resiliente, Índice de resiliencia del sistema de agua potable y drenaje pluvial. Miembro de la Red de Desastres Climáticos de CONACYT.

Oscar Frausto Martínez



Licenciado y maestro en geografía con especialidad en manejo y conservación de los recursos naturales por la UNAM. Doctor en análisis e investigación espacial por la Universidad Bauhaus–Alemania. Profesor investigador de la división de desarrollo sustentable de la Universidad de Quintana Roo. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, miembro de la Academia de Geografía de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística y presidente de la Cátedra internacional Stephen Olsen en Manejo Integrado de la Zona Costera. Director del Observatorio urbano de la Riviera Maya del CONACYT. Sus líneas de investigación se centran en el diseño, uso y desarrollo de indicadores de sustentabilidad aplicados a diversos contextos territoriales. Ha publicado 16 libros y más de 80 artículos especializados en temas de gestión del territorio.

Rosalinda Islas García



Licenciada en Hidrobiología por la Universidad Autónoma Metropolitana de la Ciudad de México y pasante de Maestría en Gestión Sustentable de Turismo y Áreas Naturales Protegidas, por la Universidad de Quintana Roo. Miembro de la Red de Desastres Asociados a Fenómenos Hidrometeorológicos y Climáticos de la red temática de CONACYT. Ha participado en diferentes proyectos técnicos asociados a morfodinámica costera y análisis de suelos en diferentes instituciones como el Laboratorio de Geología Marina y Litoral de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa y el Instituto Nacional de Antropología e Historia, Arqueología Subacuática. Actualmente es colaboradora del Observatorio Urbano de la Riviera Maya donde ha sido partícipe en la elaboración de Perfiles de Resiliencia Urbana e implementación de la agenda 2030.

Bartolo Cruz Romero

Profesor Docente Titular C. en la Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa. Licenciado en Biología Marina, Maestro en Desarrollo Sustentable y Turismo, Doctorado en Biosistemática, Ecología y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas. Ha publicado artículos de investigación y capítulos de libros relacionados con el Desarrollo Sustentable, la planeación del territorio y la hidrología. Miembro de la Red de Desastres Climáticos de CONACYT. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel I. Entre sus áreas de investigación se encuentran: uso de los sistemas de información geográfica en la planeación y ordenación del territorio; uso de los SIG para el manejo de cuencas hidrográficas; sustentabilidad de los recursos naturales y potencial y aprovechamiento turístico de los recursos naturales.

Fernanda Julia Gaspari



Ingeniera Forestal y *Magister Scientiae* Conservación y Gestión del Medio Natural. Doctora en Ingeniería Hidráulica. Con 24 años en docencia universitaria, es actualmente en Grado Profesora Adjunta a Cargo del Curso de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP). Directora de la Maestría en Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas y profesora a cargo de dos cursos. Subdirectora del Centro de Estudios integrales de la Dinámica Exógena. Ha publicado 11 libros, 8 capítulos de libros, 45 artículos en revistas y 104 trabajos en congresos. Ha realizado 23 informes técnicos y organizado 9 convenios inter-institucionales. Ha dirigido tesis de Maestría y doctorales, doctorados y becas de experiencia laboral y de investigación de Postgrado.

Fátima Maciel Carrillo González



Licenciada en Física, egresada de la Universidad de Guadalajara, Maestra en Ciencias en Oceanografía Física del CICESE y Doctora en Ingeniería y Tecnología por la Universidad de Guadalajara con orientación en Hidrometeorología. Autora de artículos, capítulos de libro y libros, en temas como el oleaje, mareas y corrientes, basados en mediciones *in-situ* y complementado con simulaciones; así como el cálculo de la evapotranspiración en cuerpos de agua utilizando teledetección y datos meteorológicos. Profesora investigadora y divulgadora de la ciencia en la Universidad de Guadalajara en el Departamento de Ciencias Exactas, en el Centro Universitario de la Costa. Su línea de investigación es la caracterización ecológica del paisaje, aplicando sistemas de información geográfica para el manejo de los recursos naturales y en el monitoreo de las condiciones hidrometeorológicas de la región que rodea Bahía de Banderas.

Jorge Téllez López



Profesor-investigador Titular C. en la Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa. Licenciado en Biología por la Facultad de Ciencias de la Universidad de Guadalajara. Maestría con Especialidad en Manejo de Vida Silvestre y Doctorado en Ciencias Biológicas con Especialidad en Ecología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Participó en la fundación del proyecto de Conservación y Manejo de la Reserva de la Biosfera de Sierra de Manantlán, en el hoy Instituto de Manantlán de Ecología y Conservación de la Biodiversidad del Centro Universitario de la Costa Sur. Sus líneas de investigación son: Ecología (Conservación y mantenimiento), Paisaje y Sociedad.

Gerardo Daniel López Montejo



Ingeniero Ambiental y Maestro en Planeación Ambiental por la Universidad de Quintana Roo. Desde 2014, es Responsable del Centro de Información Geográfica, adscrito a la División de Ciencias e Ingeniería de la Universidad de Quintana Roo. Tiene 15 años de experiencia en el desarrollo de proyectos relacionados con la aplicación de tecnologías de la información geográfica (TIG). Ha participado y coordinado la elaboración de Atlas de Riesgos; es profesor de la licenciatura en Ingeniería Ambiental y ha sido instructor de diversos cursos en materia de tecnologías geoespaciales.

María Luisa Hernández Aguilar



Nivel de Candidata en el Sistema Nacional de Investigadores de CONACYT. Doctora en Geografía por la Universidad de Quintana Roo. Su línea de investigación comprende: riesgo de desastre, amenazas naturales, vulnerabilidad, resiliencia y geoprocesos aplicados al análisis del territorio. Cuenta con una Maestría en Geografía Humana, por la Universidad Complutense de Madrid, España, y la Maestría en Ciencias en Planificación de Empresas y Desarrollo Regional por el Instituto Tecnológico de Mérida, Yucatán; donde también cursó sus estudios de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Actualmente, es Profesora de Apoyo Técnico Académico del Área de Sistema de Información Geográfica y Percepción Remota en el Centro de Información Geográfica de la Universidad de Quintana Roo; asimismo, se encuentra adscrita al Departamento de Ciencias Ambientales de la División de Ciencias, Ingeniería y Tecnología de la Universidad de Quintana Roo, Campus Chetumal.

Citlaly Lizbeth Garcia Nuñez



Licenciada en Biología en la Universidad Autónoma de Nayarit. Colaboradora en el proyecto “Evaluación de los servicios ecosistémicos de la zona costera del municipio de San Blas, Nayarit”, de agosto de 2018 a julio de 2019, Universidad Autónoma de Nayarit, Cuerpo Académico de Recursos Naturales. De este proyecto nace su tema de tesis “Evaluación de la huella ecológica de la zona costera de San Blas, Nayarit 2007- 2014”. Participó como ponente en el 3er Expo-Congreso CBAP 2019 con el cartel “Huella ecológica turística de la zona costera de San Blas, Nayarit, en los años 2007-2014. Actualmente cursa la Maestría en Ciencias Biológicas Agropecuarias en el CBAP de la Universidad Autónoma de Nayarit.

Susana María Lorena Marceleño Flores



Egresada de Licenciatura en Enfermería en la Universidad Autónoma de Nayarit, Maestra en Ciencias de la Salud Ambiental en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara y Doctorado en Ciudad, Territorio y Sustentabilidad en el Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño de la Universidad de Guadalajara. Con 30 años de servicio en la Universidad Autónoma de Nayarit, ha impartido más de 15 cursos de docencia, ha dirigido 10 Tesis de Licenciatura, 22 de Maestría y 4 de Doctorado, en los Posgrados de Ciencias Biológico Agropecuarias, Doctorado en Gestión de las Organizaciones, Maestría de Salud Pública y Maestría en Ciencias para el Desarrollo, Sustentabilidad y Turismo en las Unidades Académicas de Agricultura, Comercio y Administración, Turismo y Medicina de la misma Universidad. También ha participado como ponente en numerosos congresos nacionales e internacionales. Pertenece al Cuerpo Académico Recursos Naturales en la línea de investigación de Planeación y Desarrollo Ambiental. Tiene reconocimiento como perfil PRODEP y pertenece al Sistema Nacional de Investigadores Nivel 1.

Oyolsi Nájera González



Doctor en Ciencias para el Desarrollo Sustentable por el Centro Universitario de la Costa de la Universidad de Guadalajara. Desde hace 22 años se desempeña como docente–investigador en la Universidad Autónoma de Nayarit, adscrito a la Secretaría de Investigación y Posgrado. Participa como docente en el programa de licenciatura en Biología, en la maestría en Ciencias para el Desarrollo Sustentabilidad y Turismo de la Unidad Académica de Turismo y en el programa en Ciencias Biológico Agropecuarias y Pesqueras (maestría y doctorado). Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores Nivel 1 y actualmente cuenta con reconocimiento como perfil PRODEP. Es integrante del Cuerpo Académico Recursos Naturales (Consolidado) en la línea de investigación "Planeación y desarrollo Ambiental". En los últimos cinco años ha dirigido 4 tesis de posgrado, coordinado 3 proyectos de investigación y participado en la publicación de 6 artículos en diferentes revistas científicas.



Rebeca de Haro Mota

Es Doctora en Ciencias Ambientales por la Universidad Autónoma de Nayarit. Su línea de investigación es Planeación y Desarrollo Ambiental. Tiene reconocimiento de perfil PROMEP y es candidato al Sistema Nacional de Investigadores. Entre sus recientes publicaciones en coautoría, destacan los artículos: «Factores socioeconómicos como impulsores de vulnerabilidad alimentaria», «Enfoque para evaluar vulnerabilidad alimentaria aplicado a los municipios de Nayarit, México" e «Implementación del método de escasez en la determinación de la huella hídrica en la zona costera de San Blas, México". Ha participado en eventos nacionales e internacionales.

Lucinda Arroyo Arcos



Es profesora-investigadora de carrera adscrita a la Universidad de Quintana Roo, Unidad Académica Cozumel; Doctora en Geografía y Miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Sus principales áreas de investigación son: organización territorial y aprovechamiento turístico sustentable en espacios costeros, áreas naturales protegidas y comunidades. Ha dirigido y participado en más de 15 proyectos de investigación. Integrante del Cuerpo Académico de Investigación y Educación para la Competitividad turística, actualmente con el estatus de consolidado. Participa en los comités de Doctorado en Desarrollo Sustentable y Doctorado de Geografía de la Universidad de Quintana Roo. Ha participado en la dirección y revisión de trabajos conducentes a la titulación de nivel licenciatura, maestría y doctorado. Autora de ponencias en eventos nacionales e internacionales. Ha publicado en revistas indizadas como: Geo Crítica Latinoamericana, Clacso; Revista Geográfica de América central International *Journal of Scientific Management and Tourism,* El Periplo Sustentable, Ciencia Ergo-Sum, Revista Geográfica de América Central, Teoría y Praxis, entre otras.

Julisa Guadalupe Cabrera Borraz



Estudiante del Doctorado en Desarrollo Sostenible en la Universidad de Quintana Roo, Unidad Académica Cozumel. Es Maestra en Gestión Sustentable del Turismo por la Universidad de Quintana Roo. Trabajó como profesora en la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH). Sus principales áreas de investigación son: aprovechamiento turístico sustentable en comunidades costeras y áreas naturales protegidas. Ha participado como ponente en eventos nacionales e internacionales y ha realizado publicaciones en revistas indizadas.

Cesar Daniel Aguilar Becerra



Licenciado en turismo y doctor en Ciencias Ambientales por la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGRO). Investigador del Centro de Ciencias de Desarrollo Regional de la UAGRO, colaborador de los cuerpos académicos Desarrollo Sustentable Uagro- CA-14 y *Gestão do turismo e Hospitalidade* de la Universidad Federal de Sergipe, Brasil. Sus líneas de investigación se centran en el diseño, uso y monitoreo de indicadores de sustentabilidad turística bajo diferentes contextos territoriales, gestión del riesgo en zonas costeras. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores y miembro de la Red de Desastres Asociados a Fenómenos Hidrometeorológicos y Climáticos. Imparte las asignaturas: Metodología de la investigación, Gestión de recursos turísticos y Psicosociología del turismo en la Facultad de Turismo en la UAGRO. En la actualidad, coordina proyectos de la Zona Federal Marítima y Terrestre del H. Ayuntamiento de Acapulco de Juárez Guerrero.

Hilda Janet Arellano Wences



Licenciada en Psicología y Doctora en Ciencias Ambientales por la Universidad Autónoma de Guerrero. Profesora-investigadora de tiempo completo en el Doctorado en Ciencias Ambientales del Centro de Ciencias de Desarrollo Regional de la Universidad Autónoma de Guerrero. Perfil deseable PRODEP desde el año 2017 a la fecha; miembro del padrón estatal de investigadores del Consejo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Guerrero desde el 2018. Miembro del Cuerpo Académico UAGro-29 Ambiente y Desarrollo, donde trabaja la línea de investigación Gestión y manejo de los recursos naturales para un desarrollo regional sustentable. Imparte los cursos de Gestión Ambiental, Normatividad para la Gestión Ambiental y Gestión Socioambiental de los Recursos Naturales. Especializada en temas de Gestión Ambiental, estudios de Percepción Socioambiental y Desarrollo Regional.

Jair de Jesús Pineda Pineda



Maestro en Matemáticas Aplicadas y Doctorado en Ciencias Ambientales, por la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro.). Candidato a Investigador Nacional del Sistema Nacional de Investigadores (SNI, CONACYT). Miembro de la Asociación Poblana de Ciencias Microbiológicas y del Padrón Estatal de Investigadores Educativos del Estado de Guerrero. Docente por invitación en el Centro Universitario México, donde ha impartido cursos en las Maestrías en Gestión Ambiental y Valuación de Bienes Muebles e Inmuebles. Sus líneas de investigación se centran en el desarrollo de modelos matemáticos, con enfoque en Ecuaciones Diferenciales y Teoría de Graficas, particularmente el Análisis de Redes Sociales, para su aplicación a Turismo, Ecología y Microbiología. Actualmente pertenece al Grupo de Investigación sobre Ecología y Supervivencia de Microorganismos, Laboratorio de Ecología Molecular, Microbiana, Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.

Aidé Beatriz Vázquez Sosa



Doctora en Desarrollo Sostenible, Maestra en Gestión Sustentable del Turismo y Licenciada en Turismo por Universidad de Quintana Roo, Unidad Cozumel, México. Estancia de investigación por la Universidad de Matanzas, Cuba, en conceptos-métodos y aplicación del Manejo Integrado de la Zona Costera. Investigadora asociada al Observatorio Urbano de la Riviera Maya. Miembro fundador del Centro de Estudios Sociales y Ambientales de Caribe A.C. y de la Cátedra internacional Stephen Olsen en Manejo Integrado de la Zona Costera. Sus líneas de investigación se han enfocado en el análisis de turismo sustentable, manejo integrado costero, los estudios de los componentes del sistema, pueblos de apoyo, ciudades costeras, municipios costeros. Ha participado en diversos proyectos de desarrollo social, prevención de violencia, resiliencia

urbana y manejo integrado de la zona costera, con financiamiento de CONACYT, Gobierno del estado y Municipio y en la organización de talleres y seminarios nacionales e internacionales.

Juan Alfredo Cabrera Hernández



Licenciado en Educación, especialidad Geografía, en el Instituto Superior Pedagógico Juan Marinello de Matanzas, Cuba. Doctor en Ciencias Geográficas (1996), Profesor Titular Universidad de Matanzas (2003). Posee más de 35 años de experiencia docente e investigativa. Se ha especializado en Geoecología, Gestión de zonas costeras y Teoría de la Sostenibilidad ambiental. Coordinador General del Grupo de investigación "COSTATENAS" (Estudios y Gestión de Zonas Costeras), en la Facultad de Ciencias Técnicas, de la Universidad de Matanzas y del Observatorio Ambiental Costero de igual nombre. Ha impartido cursos de Análisis y Gestión ambiental en Programas de Doctorados y Maestrías de universidades cubanas y de Colombia, Uruguay y Venezuela. Tutor de más de 27 tesis de Maestrías y Doctorados y Miembro del Tribunal Nacional de Ciencias Geográficas. Ha brindado servicios de Consultorías, Asesorías y Capacitación en República Dominicana, México, Guatemala, Chile, Colombia, Brasil, España, Venezuela y Uruguay. Ha dirigido proyectos científico técnicos en Cuba, México y Colombia. En 2011 participó como Experto PNUMA en la Evaluación de problemas ambientales costeros de Haití. Ha sido Coordinador por Cuba en varias Redes iberoamericanas CYTED, entre las que destacan la Red MCI-IBERMAR y la Red PROPLAYAS, de la cual es el fundador. Conferencista y Ponente en eventos científicos internacionales.

Alejandro Palafox Muñoz



Licenciado en Turismo; estudió la Especialidad en Publicidad Creativa y la Maestría en Estudios Turísticos en la Universidad Autónoma del Estado de México, así como el Doctorado en Ciencias Ambientales. Desde el 2002, profesor–investigador de Tiempo Completo en la Universidad de Quintana Roo–Unidad Académica Cozumel. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (Nivel 2). Árbitro en diversas revistas indexadas, tales como: Estudios y Perspectivas en Turismo; El Periplo Sustentable; Revista Mexicana del Caribe; Cuadernos de Economía; Cuadernos de Desarrollo Rural; Revista Iberoamericana de Turismo; Agricultura, Sociedad y Desarrollo; Investigaciones Geográficas; Cuadernos de Geografía; *Scripta Nova; European Journal of Management and Business Economics; Journal of Research in Peace, Gender and Development; Journal of Hospitality Management and Tourism.* Editor Responsable de Teoría y Praxis entre 2005 y 2018. Colaborador en la Licenciatura en Gestión de Servicios Turísticos, la Maestría en Gestión Sustentable del Turismo y el Doctorado en Desarrollo Sostenible de la Universidad de Quintana Roo. Presidente de la Academia Mexicana de Investigación Turística A.C. en el periodo 2012–2015. Sus líneas de investigación son: el turismo desde la perspectiva de la economía política, la ecología política y el desarrollo sostenible; estudios ambientales del turismo desde la perspectiva crítica; teoría crítica del turismo.

Gabriel Sánchez Rivera



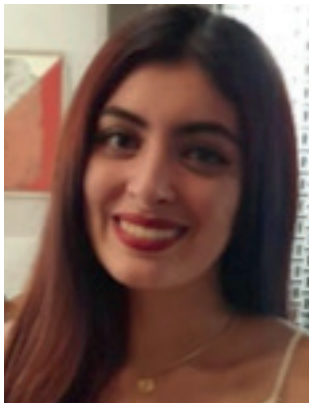
Licenciatura y Maestría en Geografía por la UNAM, candidato a Doctor en Desarrollo Sostenible, por la Universidad de Quintana Roo. Especialista en temas de Análisis Espacial, SIG's, Geografía Ambiental, Geografía del Turismo, Riesgos, Servicios Ecosistémicos y Sustentabilidad. Más de 25 años de experiencia en la elaboración de estudios y proyectos ambientales, colaborando en distintas dependencias públicas, privadas y como consultor independiente. Ha impartido cursos a nivel licenciatura y posgrado en la Universidad de Quintana Roo, en el Colegio de Geografía de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM, en la Universidad Abierta y a Distancia de México y la Universidad Riviera. Miembro del Laboratorio de Observación e Investigación Espacial, División de Desarrollo Sustentable, UQRoo, México; Redesclim – CONACYT, México; Asociación Mexicana de Estudios sobre el Karst A.C.; Cátedra internacional Stephen Olsen en Manejo Integrado de la Zona Costera UQRoo; Seminario Permanente de Cambio Climático y Biodiversidad, Colegio de Geografía, FFyL, UNAM, México; y Red Iberoamericana de Gestión y Certificación de Playas -PROPLAYAS- Nodo local 02 Riviera Maya.

Alejandra Sarhai Rivas Tapia



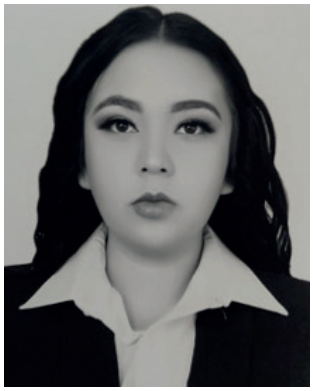
Maestría en Ciencias para el Desarrollo, la Sostenibilidad y el Turismo y Licenciatura en Biología por el Centro Universitario de la Costa de la Universidad de Guadalajara. Desarrolló habilidades de análisis de sistemas socio-ecológicos durante su estancia de prácticas profesionales en el Laboratorio de Paisaje, Sociedad y Territorio de dicho centro académico. Realizó voluntariado en el Jardín Botánico de Puerto Vallarta-Cabo Corrientes. Impartió clases de Biología, Química y Ecología a nivel bachillerato. Miembro de la REDESCLIM-CONACYT. Ha participado en congresos y seminarios nacionales e internacionales y ha publicado artículos y capítulos de investigación. Su línea de aplicación del conocimiento se enfoca en la gestión de riesgos, estudios de resiliencia socio-ecológica y manejo de servicios ecosistémicos en destinos turísticos de litoral.

Bianca Georgina Gallardo Arce



Egresada de la Licenciatura de Biología del Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara. Asistente en el Centro de Estudios Meteorológicos de la Costa (CEMCO), en prácticas profesionales. Descripción: «Susceptibilidad a deslizamiento en la zona turística de Puerto Vallarta». Diplomado INAFED *online* en Administración del desarrollo urbano y ordenamiento territorial municipal. Curso masivo en CENTROGEO «Introducción al uso y representación de información geoespacial». Manejo de Sistemas de Información Geográfica aplicado a las Ciencias Biológicas.

Alondra Cristina Barragán Nava



Estudiante en la Licenciatura en Biología en el Centro Universitario de la Costa, en la Universidad de Guadalajara. Colaboradora en el Estudio de perfil de resiliencia de Bahía de Banderas, en marzo del 2019. En esa misma fecha, participó en el Taller de Sistemas de Información Geografía aplicada a proyectos específicos. También asistió al Taller de Cálculo de huella de carbono y al Taller de Cultura ambiental, efectuados en 2020. Monitor del Perfil de resiliencia de Puerto Vallarta, en febrero del 2020. Actualmente realiza prácticas profesionales en el Centro Universitario de La Costa.

Julio Cesar Morales Hernández



Licenciado en Ecología Marina y Doctorado en Ecología y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas, orientado a fenómenos hidrometeorológicos, especialista en Sistemas de Información Geográfica y su aplicación en riesgos naturales. Profesor-investigador Titular A, por el Centro Universitario de la Costa de la Universidad de Guadalajara. Recibió el premio Colibrí 2018 para el estado de Jalisco por las investigaciones relacionadas con el cuidado del medio ambiente. Forma parte de la Red de Desastres Naturales REDESCLIM de CONACYT, como miembro del Comité Técnico Académico. Es miembro de la Red Temática Delfín «Cambio Climático» y miembro del cuerpo académico CA-UDG-305 «Estudios de la Ciudad, Arquitectura y Desarrollo» en la Universidad de Guadalajara. Ha publicado 25 artículos científicos, 5 artículos de divulgación y más de 14 capítulos de libro. Ha realizado estancias de investigación en la UNAM por parte del instituto de Geografía, en la unidad de meteorología del Centro de Investigación Científica de Educación Superior de Ensenada, Baja California CICESE, Universidad Nacional de Colombia con sede en San Andrés y Universidad de Recife en Pernambuco, Brasil.