

Inteligencia geoespacial para la gestión del turismo en sitios de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, México

Geospatial intelligence for tourism management at sites in the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve, México

MARIO ALBERTO HERNÁNDEZ INFANTE¹  0009-0005-9305-6592

VALENTE VÁZQUEZ SOLÍS.¹  0000-0002-8421-7201

MÓNICA ELENA ORTÍZ LIÑÁN²  0000-0002-4766-4790

JUAN ANTONIO REYES AGÜERO¹  0000-0002-5977-7039

¹ Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.

² Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad León, UNAM, México.

Resumen

El trabajo propone el uso de datos geoespaciales como un instrumento que permite apoyar la gestión del turismo en sitios seleccionados de la Reserva de la Biosfera Tehuacán Cuicatlán, reconocida por UNESCO como patrimonio mixto. Primero, se discute la inteligencia geoespacial (IG) como un concepto que irrumpe en la producción y análisis de datos sobre sitios con presencia de turismo; posteriormente, con el apoyo de la minería de datos y una aplicación diseñada especialmente para recopilar información a través de dispositivos móviles sobre la huella digital de los turistas y el análisis de sus preferencias y conductas, se detectan las prácticas y preferencias de los visitantes en el área de estudio. Por último, mediante trabajos de campo y la participación de los habitantes locales, se propone la articulación de una ruta para visita con potencial turístico en la porción poblana de la reserva a partir de la experiencia de otra ya establecida, mediante una gestión y participación comunitaria integrada.

Se concluye que los sitios con mayor apertura para incorporar formas de usar tecnologías de información que apoyen la gestión de sitios turísticos mediante el respeto a las formas tradicionales de organización disponen de elementos para tomar decisiones eficientes orientadas a diversificar opciones en estos espacios.

Palabras clave: Inteligencia geoespacial; Reserva de la Biosfera Tehuacán Cuicatlán; Turismo; participación comunitaria; Área Natural Protegida.

Fechas • Dates

Recibido: 2024.04.19
Aceptado: 2024.10.07
Publicado: 2025.02.26

Autor/a para correspondencia Corresponding Author

Mario Alberto Hernández Infante
manu_chao93@hotmail.com

Abstract

This paper proposes the use of geospatial data as a tool to support tourism management in selected sites of the Tehuacán Cuicatlán Biosphere Reserve, recognized by UNESCO as a mixed heritage. First, geospatial intelligence (GI) is discussed as a concept that breaks into the production and analysis of data on sites with tourism presence; subsequently, with the support of data mining and an application specially designed to collect information through mobile devices on the digital footprint of tourists and the analysis of their preferences and behaviors, the practices and preferences of visitors in the study area are detected. Finally, through fieldwork and the participation of local inhabitants, we propose the articulation of a route for visits with tourism potential in the Puebla portion of the reserve based on the experience of another already established route, through integrated community management and participation.

It is concluded that areas with greater openness to incorporate ways of using information technologies that support the management of tourist sites while respecting traditional forms of organization, have elements to make efficient decisions aimed at diversifying options in it.

Keywords: Geospatial intelligence, Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve; Tourism; Community participation; Natural Protected Area.

1. Introducción

1.1. *El turismo de naturaleza en espacios protegidos*

En un crecimiento de flujos turísticos sin precedentes, México ha consolidado su posición como uno de los diez destinos preferentes a nivel internacional desde 2014. Al apogeo del interés por la protección ambiental en las 226 Áreas Naturales Protegidas (ANP) reconocidas por el gobierno federal (Torres et al. 2024), se agrega el reconocimiento del alto valor que, a cerca de la mitad de ellas, las hace idóneas para realizar actividades vinculadas con el turismo de naturaleza (CONANP, 2024).

El turismo de naturaleza o también llamado alternativo fomenta el uso sostenible de los recursos, representa una estrategia para el desarrollo local y regional, ya que posee la capacidad de generar empleos y promueve el aprovechamiento del patrimonio natural y cultural de los territorios. Abarca los viajes cuyo propósito es “realizar actividades recreativas en contacto directo con la naturaleza y las expresiones culturales, con una actitud y compromiso de conocer, respetar, disfrutar y participar en la conservación de los recursos naturales y culturales” (SECTUR, 2016).

Es una sinergia de proximidad de la naturaleza con la cultura y lo conforman el ecoturismo (contacto y aprendizaje del medio natural), el turismo de aventura (actividades que implican un esfuerzo físico o deporte en la naturaleza) y el turismo rural (cercanía con la población local para conocer sus costumbres, forma de vida y tradiciones). Generalmente los beneficios se retienen al interior, al ser negocios impulsados por locales, en sitios cercanos al núcleo de servicios (Ortíz y Suárez, 2023).

En consecuencia, con la emergencia sanitaria derivada de la pandemia SARS-CoV-2, el turismo se posicionó como un sector afectado ante la limitación en los desplazamientos y la concentración de personas en sitios reducidos. El cierre de los atractivos concurridos motivó a los turistas a buscar espacios abiertos para disminuir el riesgo de contagio; de este modo, las ANP ocuparon

un sitio primordial en las preferencias de los visitantes, pues en ellos, además de promover prácticas en ecosistemas naturales y las expresiones culturales de las comunidades locales, el riesgo de contagio disminuye (SEMARNAT, 2013; CONANP, 2018), en tanto el distanciamiento social es posible al realizarlas.

Así, se presenta un panorama complejo si se considera que la mayoría de estos espacios no disponen de las condiciones de accesibilidad, infraestructura y servicios para recibir un mayor número de visitantes, ni tampoco fueron declarados con alguna categoría de protección para estos fines. A menudo, en esos espacios los habitantes viven en comunidades rurales, en condiciones inaccesibles y marginación socioeconómica elevada, muchas veces de origen indígena, y en donde no existe una gestión turística eficiente puesto que se prioriza la atención de otros aspectos.

Ante la pertinencia de que la población local, prestadores de servicios, organismos gubernamentales y no gubernamentales realicen acciones coordinadas para establecer una gestión vinculadas con atención al incremento de turistas, se adolece de información que permita tomar decisiones orientadas a encauzar de manera eficiente, por un lado, el flujo de visitantes mediante el conocimiento de las actividades que realizan más las que es posible hacer (Spenceley *et al.*, 2020) y, por el otro, brindar criterios metodológicos con el uso de tecnologías de la información, ya incorporadas en varias esferas de la actividad humana, pero hasta ahora sin aplicar al turismo nacional.

Uno de estos espacios es la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (de aquí en adelante RBTC), uno de los dos sitios en México reconocido por la UNESCO como patrimonio mixto (natural y cultural), en 2018 pero declarada como ANP en 1998. En ella se combinan aspectos del medio natural y poblamiento histórico la hacen un lugar atractivo para la visita turística, entre los que destacan sitios como el Jardín Botánico Helia Bravo Holis, el Museo Comunitario Paleontológico en San Juan Raya, las artesanías de barro bruñido en Los Reyes Metzontla, la presa Purrón en Coxcatlán y el cañón del Sabino en Santa María Tecomavaca (INAFED, 2024; CONANP, 2021).

La actividad turística no se practica en toda la RBTC, aunque este espacio protegido ocupa municipios de los estados de Puebla y Oaxaca, en lo general, el turismo se encuentra mejor posicionado en el primero, por lo que pocas comunidades obtienen algún tipo de beneficio; así, la concentración en algunos sitios provoca un doble conflicto: por un lado las comunidades que se han integrado al sector ofrecen rutas que cruzan zonas donde ocurren importantes procesos ecológicos para la conservación de especies de flora y fauna y, por el otro, existen espacios con potencial turístico que han sido organizados para ello pero hay la intención de hacerlo dado el incremento de visita hacia los atractivos, aunque sin la preparación necesaria.

Con una tendencia mundial que privilegia el crecimiento del turismo de naturaleza, la RBTC recibió en 2019 la visita de aproximadamente 35 mil personas (Beléndez, 2021). A partir de la emergencia sanitaria derivada de la pandemia SARS-CoV-2 y con el cierre del lugar durante 2021, no existen datos precisos sobre afluencia. Dada la importancia de diversificar los atractivos turísticos en el lugar, y que el aumento de visitantes genera mayor demanda de recursos para satisfacer sus necesidades, esta investigación se dirige a utilizar datos geoespaciales generados por un grupo de investigación multidisciplinario para mejorar la gestión del turismo en sitios seleccionados del estado de Puebla donde ya se practica, lo que permitiría diversificar la oferta mediante el conocimiento de las potencialidades de los atractivos.

El fortalecimiento de la oferta turística, con base en una gestión sostenible apoyada en la generación y uso de datos geoespaciales, puede contribuir a la localización de recursos turísticos y la

generación de nuevas rutas en comunidades con potencial que han sido excluidas por los programas existentes, ofrecer un manejo adecuado del sector a los pobladores del área de estudio y conservar el capital natural y cultural, mediante un abordaje socioterritorial, el reconocimiento de los atributos ecológicos de la zona y el uso de las tecnologías aplicadas a espacios rurales sujetos de protección ambiental.

1.2. Estado del arte y tendencias cognoscitivas de la inteligencia geoespacial.

La creación de agencias gubernamentales que proveían información y servicios de inteligencia a Estados Unidos y la Unión Soviética fue uno de los efectos colaterales de la Guerra Fría a mediados del siglo XX (Petisco, 2016); en particular, el desarrollo de IMINT -inteligencia de imágenes- que brinda información con fotografías aéreas, imágenes satelitales y otras plataformas de observación territorial, permitieron ampliar la generación de datos espaciales a niveles sin precedentes (Kovarik, 2011).

Sin embargo, durante ese tiempo, el acceso estuvo limitado al uso militar, y ante la escasez de planes territoriales basados en la participación colectiva, a finales de los ochenta del siglo XX surgieron los primeros modelos de inteligencia territorial en Francia, con un enfoque sostenible animado por el incremento en el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC); fueron perfeccionados en España, Bélgica, Rumania, Hungría y otros países de Europa Oriental (Girardot et al., 2010), proceso apoyado por la creación de inteligencias colectivas, como la Agencia Nacional de Inteligencia Geoespacial (NGA) (Clark, 2020).

Con la emergencia de las TIC, la Inteligencia Geoespacial (de aquí en adelante IG) se erigió como un paradigma multidisciplinario. Para Girardot (2014), es un medio para que investigadores y comunidades proyecten y evalúen acciones y políticas sostenibles basados en datos sobre el capital territorial -físico, natural, social, económico e infraestructural- (Luque et al., 2015). Por su parte, Perea et al. (2018), destacan que provee de herramientas para la comprensión de dinámicas territoriales que las comunidades aprovechan para fortalecer su sistema de gobernanza, con ellas se evalúan de forma horizontal los asuntos públicos de interés, o validan e intercambian información. En contexto, se detectan algunas tendencias investigativas:

- b. La gestión sectorial con apoyo de la inteligencia geoespacial. Se usa para entender la actividad en un territorio a través de fuentes de información y bases de datos con imágenes y datos cartográficos reunidos por distintos medios; permite a los usuarios crear y modelar productos visuales de utilidad para los tomadores de decisiones (Martínez, 2018), así como impulsar decisiones estratégicas de consolidación de las actividades económicas, seguridad nacional y prevención (Mondragón, 2020).

Así, se han documentado proyectos como el programa “Horizonte Europa”, orientado a la obtención de cartografías para simulación de incendios (Veerawamy et al., 2020) el control de la pandemia ocasionada por el SARS-CoV2 (CEPAL et al., 2020), el impacto ambiental de ecosistemas marinos (Paolo et al., 2024), la planificación de asentamientos informales en ciudades africanas (Šliužas, 2004) y la identificación de patrones espacio temporales del tráfico para mejorar la movilidad vehicular en México (IMT, 2021).

- c. Métodos y herramientas de la geointeligencia territorial para la intervención comunitaria. Aportan soluciones a problemas mediante la combinación de técnicas cuantitativas, cualitati-

vas y las TIC; deben adaptarse a las necesidades y accesibilidades con los actores participantes en su diseño e implementación (Perea et al., 2018), para generar productos descriptivos, analíticos, anticipatorios o predictivos y prescriptivos (Clark, 2020), considerando las dimensiones espaciales propias de la IG.

Los procesos de intervención y transformación con el uso de la IG utilizan técnicas y lenguajes propios de las ciencias sociales -registros en campo mediante entrevistas, grupos focales, historia oral, Atlas TI, SPSS- expresados a través del lenguaje oral, escrito y estadístico; y espaciales -Sistemas de Información Geográfica, teledetección, análisis espacial y estadísticas georreferenciadas, rastreadores GPS y tarjetas de identificación por radiofrecuencia, información geográfica voluntaria, big data y minería de datos (NGA, 2006; López et al., 2017; Clark, 2020), gráficamente expresados mediante lenguaje semiológico en dimensiones de plano x, y y z.

Desde sus orígenes, en 1989, con la Red Europea de Inteligencia Territorial, se mejoró el acopio y sistematización de datos espaciales, entre los que se incluye el software Catalyse, dirigido al diseño de instrumentos para la gestión y evaluación para el desarrollo sostenible de las comunidades (Bozzano, 2009; Glimmeo et al., 2012), que involucra una perspectiva multidisciplinaria para mejorar el bienestar social con el que se privilegia el empoderamiento de las comunidades, la construcción de capacidades adaptativas y la competitividad territorial. Con el método Stlocus se han identificado patrones de apropiación territorial, que con fundamentos científicos y experiencia comunitaria permite identificar problemas y soluciones a los tomadores de decisiones (Cortizo et al., 2016; Ferrari, 2016). Parte de tres niveles de abstracción: territorio, lugar y lógica de producción espacial, concentrados en siete dimensiones (Figura 1).

Figura 1. Dimensiones espaciales de la IG

Territorios reales	• Instancia descriptiva, uso real del suelo.
Territorios vividos	• Percepción simbólica de las necesidades de quienes viven en el territorio.
Territorios pasados	• Acontecimientos en tiempo y espacio.
Territorios legales	• Regulación del uso y ocupación del suelo.
Territorios pensados	• Síntesis del territorio mediante la explicación, interpretación y definición de éste.
Territorios posibles	• Visiones de las funciones que se desean del territorio.
Territorios concretados	• Programas de trabajo y acción.
Territorios inteligentes	• Territorios con mayor cúmulo de acciones.

Fuente: elaboración propia sobre la base de Bozzano, 2009.

Por su parte, el método Territorii, tiene su origen en la geografía, pero se complementa con métodos de la antropología, sociología y economía y una perspectiva de trabajo colaborativo entre la ciencia y las comunidades (Bozzano, 2009; Ferrari, 2016). Con estos métodos se ha fomentado la participación ciudadana para resolver problemas en Europa y Sudamérica (Geo Citizen, 2019), y se ha desarrollado cartografía de la vida cotidiana para reforzar la gobernanza en ciudades de México (Martínez-Viveros et al., 2017).

d. Aplicación de la Geointeligencia Territorial en el turismo. La producción y acopio informativo a partir de la minería de datos en un sector relacionado con el movimiento de personas es cada vez más acelerado; así, es posible gestionar y socializar las estrategias de manejo de un sitio turístico (Perea et al., 2018) se apoya en el hecho de que el uso de tecnologías supone una huella digital, y ésta tiene una ubicación espacial, por lo tanto, geográficamente identificable (Bacastow, 2014).

Específicamente, la información generada sobre turismo de naturaleza permite obtener datos sobre patrones de movilidad y preferencias de los visitantes, ahí la IG en el turismo establece estrategias de gestión sustentable (Bregolin, 2019), para ser empleada en beneficio de las necesidades locales (Parrilla et al., 2017), en una época donde crece el flujo de viajeros hacia sitios con valor ambiental y cultural (Girardot et al., 2010).

Por su parte, Glimmeo (2012) emplea un modelo de IG para comparar atributos en destinos turísticos de dos países: Lavalleja, Uruguay, Isla Paulino, Brandsen y La Plata en Argentina, para realizar intervenciones institucionales en la sociedad y economía. En este último país, ciudades como Buenos Aires han desarrollado un Sistema de Inteligencia Turística BA basado en big data, una App que cuenta con mapas interactivos útiles para el turista (Guerrero et al., 2019), similar a la empleada en Jaén, España para configurar recorridos turísticos autoguiados (Canal Sinai Ujaen, 2011).

En el municipio turístico de Tequila, en el occidente de México, se emplea la minería de datos en donde los habitantes participan en un sensor ciudadano que sistematiza los comentarios vertidos por los turistas en redes sociales y se distribuye a los tomadores de decisiones (Navarrete, 2021). También la Secretaría de Turismo federal ha creado una App para apoyar a los turistas que viajan por carretera en caso de percance o descompostura de vehículo mediante geolocalización en tiempo real (SECTUR, 2023).

En el contexto descrito, la presente investigación se inscribe en esta última vertiente, en donde al objetivo de ofrecer criterios para el mejoramiento de la gestión turística por medio del uso de la IG en una Área Natural Protegida, se añade la dificultad técnica y operativa que significa la recopilación de datos necesarios para llevarla a cabo.

2. Recursos territoriales, naturales y humanos de la zona de estudio

Existe una correlación importante entre la variedad de los recursos territoriales sobre los que descansa la actividad turística (Garzón y Florido, 2021) y su distribución espacial, expuestos enseguida y en la primera etapa del apartado metodológico.

La RBTC es una de las 226 Áreas Naturales Protegidas designadas por el gobierno mexicano sujetas de cuidado ambiental (Torres et al., 2024). Está enclavada entre dos grandes provincias fisiográficas: el Sistema Volcánico Transversal y la Sierra Madre del Sur, esta última abarca la mayor extensión, con 460 548 ha., lo que representa el 94 % de la superficie total de la reserva. El resto se conforma por llanuras de extensión reducida, lomeríos y valles intermontanos limitados por elevaciones que sobrepasan los 2 500 metros (INEGI, 2004). Entre los atributos que explican las condiciones geográficas excepcionales del medio natural y social en la zona destacan:

- a. Un sistema de topofomas que origina variantes climáticas y paisajes espectaculares, con aptitud para el desarrollo de actividades que atienden segmentos diversos de turismo. En las pronunciadas laderas de las montañas se extienden ecotonos que oscilan, de matorrales xerófilos a bosques templados de montaña; estos anticlinales contienen atractivos de valor histórico para los visitantes, particularmente en el norte del área, donde destacan los cerros de Cuthá, Blanco y Mequitongo (CONANP, 2021), también de importancia militar y religiosa para los habitantes ancestrales de la región.
- b. Una variedad notable de asociaciones climáticas que interaccionan con otros componentes del ambiente biótico y abiótico que conforman el potencial natural de este territorio. En el área predominan climas áridos y semiáridos, con variante BS1(h')w, propia de un régimen cálido con temperatura media anual superior a 18°C, hacia el sur de la zona; al este se observan climas templados C(W₂) y C(w₀), con una temperatura media anual entre 12°C y 18°C. Aunque en menor extensión, el clima tropical (A)C(w0), con un régimen semihúmedo, temperatura semicálida y una media anual entre 18°C y 22°C, ocupa la porción noroeste y sureste de la zona examinada (INEGI, 2004).
- c. Derivado de lo anterior, la hidrografía, atributo clave que explica la ocupación humana de la porción árida de la actual reserva, motivó la construcción de sistemas de irrigación sofisticados y permitió la sedentarización de culturas prehispánicas desarrolladas a partir de la producción de cosechas. En la ANP convergen las cuencas de los ríos Papaloapan y Balsas, que abarcan una superficie de 4586 km² y 314 km², respectivamente (CONANP, 2021) y sus corrientes intermitentes fluyen desde el norte hacia el municipio de Coxcatlán para alimentar a los ríos Salado y Grande, que llegan al Quiotepec antes de desembocar, hacia el sureste, en el Golfo de México (López, 2009).
- d. La existencia de diversidad biológica. Uno de los elementos de mayor interés para los visitantes. En la RBTC se tiene una riqueza biológica de 4470 especies de flora y fauna, de las cuales 60 se encuentran amenazadas y 16 en peligro de extinción (NOM-059). Entre las especies endémicas de flora destacan el cardón tetecho (*Cephalocereus tetetzo*), pata de elefante (*Beaucarnea gracilis*), candelabro (*Pachycereus weberi*), cardón gigante de Tehuacán (*Cephalocereus fulviceps*) y biznaga de la Mixteca (*Mammillaria mystax*). De la fauna endémica destaca el murciélago amarillo mayor (*Rhogeessa alleni*), carpintero del Balsas (*Melanerpes hypopolius*), cascabel pigmea mexicana (*Crotalus ravus*), iguana mexicana de cola espinosa (*Ctenosaura pectinata*) y mariposa garabato jaspeado (*Hesperocharis graphites*) (CONANP, 2021).

No obstante, ante la persistente actividad humana algunas especies están en peligro de extinción, como la Guacamaya verde (*Ara militaris*), palma real de Tomellín (*Dioon pupusii*), palma real (*Dioon caputoi*), pata de elefante de Tehuantepec (*Beaucarnea stricta*) y biznaga barril de Puebla (*Ferocactus haematacanthus*); otras están amenazadas como la pata de elefante (*Beaucarnea gracilis*), murciélago magueyero mayor (*Leptonycteris nivalis*), cascabel pigmea mexicana (*Crotalus ravus*) y águila real (*Aquila chrysaetos*) (Canseco y Gutiérrez, 2010; CONABIO, 2021).

Bajo la perspectiva anterior, el sitio congrega un patrimonio biocultural observable en evidencias arqueológicas de ocupación humana de grupos nómadas desde hace 12 000 años, que aprovecharon cuevas y zonas elevadas que circundan a los valles para establecer campamentos y posteriormente aldeas agrícolas (Hernández, 2005). De hecho, alberga parte de las primeras evidencias de actividad agrícola y sedentarización en México, donde la presencia de climas semiáridos condicionó la adaptación humana y la habilitación de obras para aprovechar el curso de los ríos y del agua subterránea (Castellón, 2019; Sánchez, 2019); así, entre las evidencias arqueológicas destacan los canales de riego y la presa de Purrón, en Coxcatlán (Robles, 2019).

La zona se reconoce como la cuna de la domesticación de especies agrícolas como el maíz, la calabaza y el frijol desde hace 4 500 años, y más adelante el implemento de la milpa, un complejo sistema de producción que permite la combinación de cultivos y mantiene la fertilidad del suelo (Sánchez, 2019); tales vestigios son de interés para los visitantes, pero también conforman el patrimonio cultural que perdura actualmente a través de manifestaciones culinarias, artísticas y costumbres.

La producción y comercio de sal obtenida por la evaporación de escurrimientos de agua hacia los áridos valles de Zapotitlán, así como la elaboración de alfarería en Los Reyes Metzontla, constituyen la triada de una economía que consolidó al Valle de Tehuacán como un centro de intercambio de productos, primero de los proto-otomangues, y luego de los popolocas con otras culturas mesoamericanas (Sánchez, 2019; Castellón, 2018). La sal alcanzó importancia comercial durante la Colonia como un insumo indispensable para la obtención de plata (Renard et al., 2010).

En los 19 municipios del estado de Puebla y 34 del estado de Oaxaca que conforman la RBTC habitan 36 471 personas distribuidas en 278 asentamientos, 97 % de ellos rurales, -con menos de 2 500 habitantes- (CONANP, 2018 y 2021). Destacan tres núcleos urbanos; Tehuacán y Zapotitlán Salinas, en Puebla, y Cuicatlán, en Oaxaca. Un sector está conformado por 27 mil habitantes indígenas que se integran en ocho grupos, con predominio de popolocas y nahuas en los municipios de Puebla; cuicatecos, mazatecos, chinantecos, chocholtecos e ixcatecos en Oaxaca, y mixtecos en ambos estados, en comunidades con alta marginación socioeconómica (CONEVAL, 2020).

Entre las actividades que suscitan interés turístico en las zonas rurales del área destacan la producción de sal por evaporación, alfarería, mezcal, licor de caña, la extracción de mármol y ónix, así como la gastronomía local. Fuera de las localidades principales ya señaladas, las reservas forestales complementan un uso de suelo agropecuario con predominio de cultivos de cereales, caña y frutales y pastoreo de ganado menor, producidos con frecuencia a través de métodos tradicionales; son observables con mayor claridad en la porción de la ANP correspondiente al estado de Oaxaca.

Por su parte, los servicios y equipamiento turístico como hospedaje, preparación de alimentos y bebidas y agencias de viajes se concentran, además de las localidades señaladas, en San Juan Bautista Cuicatlán. Tienen una débil articulación a través de carreteras pavimentadas, esta dificultad se relaciona con la existencia de un relieve montañoso, con población dispersa que tiene un acceso limitado a los servicios públicos (Palacio, 2004). Este rasgo es un componente vertebral, no solo para el desarrollo del turismo, también para los intercambios comerciales relacionados con este sector.

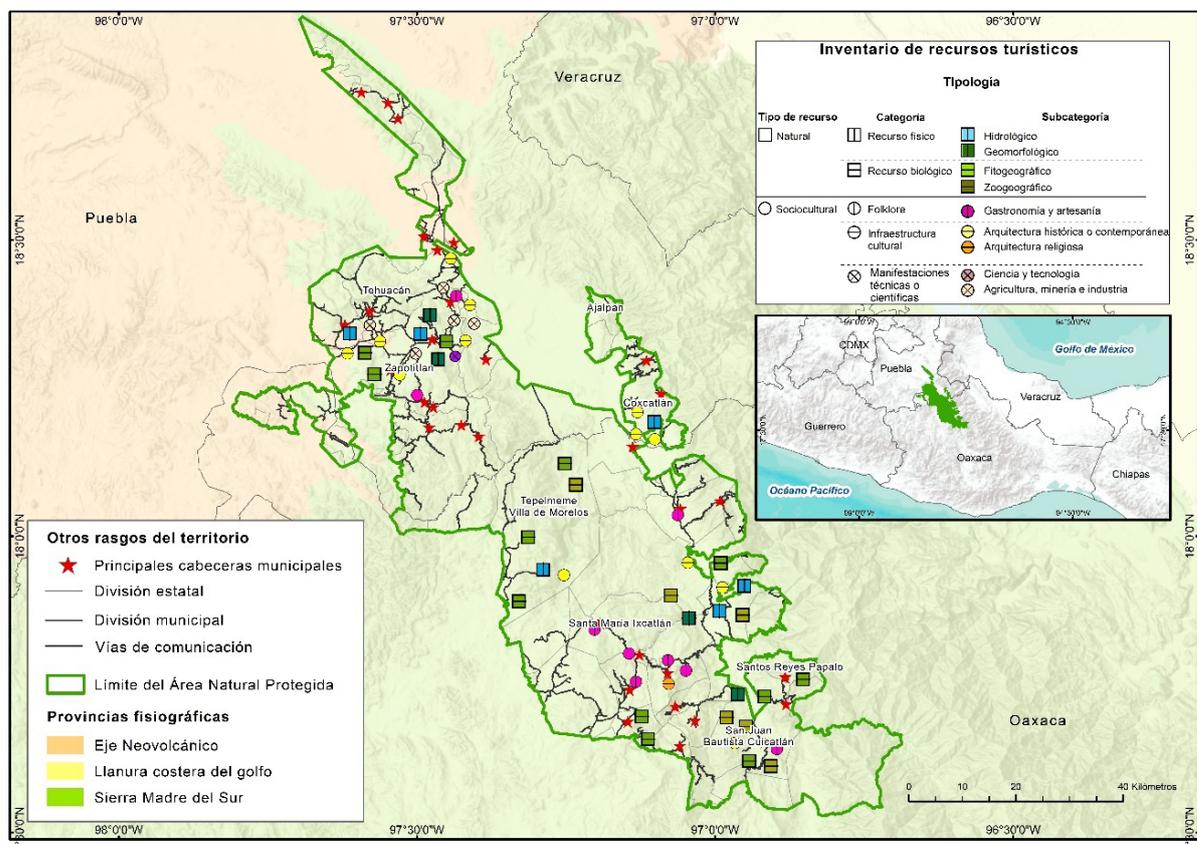
La zona de estudio cuenta con dos enlaces terrestres importantes, la carretera federal núm. 135 que comunica las ciudades de México y Oaxaca a través de Puebla, Tehuacán y San Juan Bautista Cuicatlán. Esta vía es fundamental para el desarrollo del turismo porque une comunidades receptoras de visitantes donde predominan caminos de terracería; la otra es la vía rápida México-Oaxaca. En general, las carreteras federales se encuentran en buen estado, no así los caminos de terracería que interceptan con ríos y arroyos intermitentes, lo que imposibilita el acceso a varias zonas en época de lluvia.

3. Metodología

3.1. Inventario de recursos turísticos

Se formuló un inventario turístico para documentar los recursos territoriales existentes, con el objetivo de tener una primera escala de aproximación (Figura 2). Estos instrumentos han demostrado utilidad en la gestión de espacios recreativos, proporcionan información sobre la diversidad y distribución espacial de objetos y acontecimientos de interés turístico, y permiten a las instancias responsables tomar decisiones sobre la protección y el aprovechamiento de los recursos (Cong et al., 2010).

Figura 2. Inventario de recursos turísticos en la zona de estudio.



Fuente: INAFED, 2024; México Desconocido, 2024; trabajo de campo y elaboración propia, 2021 y 2022.

También logran identificar otros elementos que pueden convertirse en la oferta sectorial del territorio (SECTUR, 2024; Santana, 2019). Las metodologías sugeridas por los especialistas, Zamorano (2007) los clasifica en dos categorías por la intención, una para ordenar el territorio y otra para distinguir tipos de atractivos con base en el uso, potencialidad y localización de los recursos, tiempo de llegada, accesibilidad, calidad del entorno, propiedad y equipamiento.

Por su parte, Blanco et al. (2015) y Ortíz y Vázquez (2021), con base en la consulta de experiencias latinoamericanas y específicamente de México, hicieron una revisión de trabajos académicos en materia de turismo y de información proveniente de instituciones oficiales, con lo que se identificó el tipo y distribución geográfica en zonas de estado de San Luis Potosí; en la segunda se realizó

trabajo de campo donde se verificó la información y se complementó con la proporcionada por actores locales del territorio. En ambos trabajos se apoya este apartado investigativo.

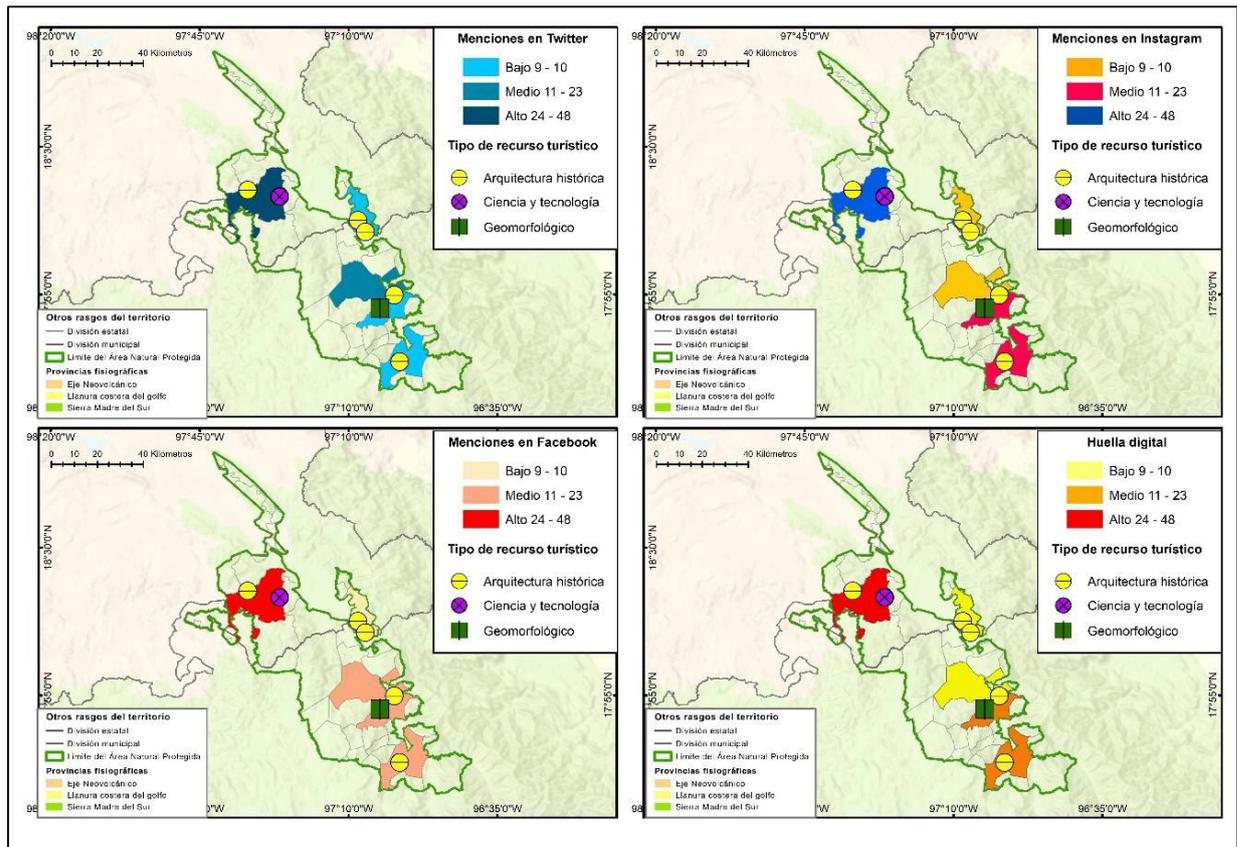
3.2. Trabajo de campo y minería de datos

Se realizaron 32 días de trabajo de campo diferidos en cuatro jornadas, entre julio de 2021 y agosto de 2022. En ellos se efectuó lo siguiente:

1. Se calculó la Huella Digital para rastrear información sobre el comportamiento de los visitantes y los patrones de movilidad espacial que evidencian. Consiste en el seguimiento de datos que generan los usuarios de Internet que navegan en sitios web, el envío de correos electrónicos y la información que difunden en redes sociales; con ello se reconocieron patrones de movilidad y los sitios con mayor concentración de visitantes (Kaspersky Lab, 2023). Para fines de esta investigación, se incluye la publicada en redes Twitter -ahora X-, Instagram y Facebook, entre 2017 y 2022 (Figura 3); se obtuvieron 843 publicaciones de las que 271 fueron relativas al Centro Ecoturístico San Juan Raya, seguido por el Jardín Botánico Helia Bravo Holis, con 267.
2. Se identificaron las rutas y atractivos turísticos con mayor afluencia de visitantes a la RBTC. Se estableció contacto con los directivos de la CONANP que administran el área, así como con los líderes comunitarios que desarrollan actividad turística en el territorio.
3. Se recopiló información con 274 cuestionarios desde la aplicación “Geointeligencia ANP App”¹ entre enero de 2022 y junio de 2023 para identificar el perfil del turista que visita al área. Con ello se localizaron los recursos turísticos de interés para el visitante, a fin de proponer rutas que diversifiquen la oferta existente y ofrecer alternativas de ingreso económico para la población de las comunidades mediante prácticas responsables. Cabe señalar que el sitio no tiene una concurrencia masiva de personas. También, la aplicación brinda información de interés para facilitar el trayecto a los usuarios, esto con el fin de animarlos a que descargaran la aplicación en sus dispositivos móviles y con ello generaran información digital.
4. Se identificaron recursos turísticos geomorfológicos, fitogeográficos, de arquitectura histórica, contemporánea y de creencia religiosa o popular mediante el apoyo de la IG y la confronta de fuentes especializadas (INAFED, 2024; CONANP, 2018 y 2021), con lo que se propusieron senderos articulados con la participación de los representantes comunitarios, mediante las actividades especificadas en el paso siguiente.
5. Adicional a los recorridos de campo y el inventario de recursos turísticos, se realizaron entrevistas a profundidad al director y técnicos de la RBTC, al delegado de turismo de San Juan Raya, al presidente del comité de San José Tilapa y guías comunitarios de ambas localidades. Con esta información se seleccionaron sitios turísticos con potencial que a las comunidades les interesaba promover, estuvieran en zonas autorizadas por la CONANP para tal fin, dispusieran infraestructura mínima y concitaran interés por ser visitados. Con ello se propusieron circuitos con una gestión que estimule prácticas responsables mediante el uso de información obtenida por medios digitales. Se identificaron dos sitios, uno con organización incipiente para el desarrollo de la actividad turística en las condiciones descritas, y otro con un grado de consolidación más claro.

1. Desarrollada por el Centro de Investigación en Computación del Instituto Politécnico Nacional (IPN), en coordinación con la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, en el marco del proyecto “Modelo de geointeligencia territorial como instrumento de gestión turística en Áreas Naturales Protegidas de México”, financiado por el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCyT). Tiene cuatro funciones para obtener datos en tiempo real de los visitantes, permite identificar sus patrones de movilidad y muestra los puntos de interés turístico, compartir contenido sobre el ANP en redes sociales e incluye el llenado de una encuesta sobre el origen geográfico, las prácticas y los sitios preferidos.

Figura 3. Huella digital de visitantes en principales destinos de la RBTC.



Fuente: elaboración propia con base en datos de Twitter, 2022; Instagram, 2022; y Facebook, 2022.

- En estos sitios se realizó un taller de participación comunitaria en San Juan Raya con los guías comunitarios, el delegado de turismo de la localidad y un técnico de conservación de la RBTC; en San José Tilapa se realizaron dos talleres de participación comunitaria con integrantes del comité ejidal, con el apoyo del director de la RBTC de la CONANP, técnicos de conservación y manejo de ANP, guías comunitarios, delegados de turismo de las localidades Tehuacán, Zapotitlán Salinas, San Juan Raya y San José Tilapa; los resultados se organizaron en un esquema FODA. También se hicieron recorridos guiados, entrevistas a profundidad y cursos de capacitación para el uso de la App y la invitación para compartirla con otros prestadores de servicios turísticos.

4. Resultados

Como se indicó anteriormente, aunque la RBTC ocupa municipios de los estados de Puebla y Oaxaca, el turismo se concentra sobre todo en el primero, porque allí existe infraestructura de transporte, alojamiento y servicios, una conectividad que facilita el acceso a los atractivos cercanos a Tehuacán, principal centro económico del área; también existe una diversidad de atractivos que incluyen al Centro Ecoturístico San Juan Raya, las salineras de Zapotitlán Salinas, las artesanías de barro de Los Reyes Metzontla y el Jardín Botánico Helia Bravo Holis. En el caso de Oaxaca, la capital del estado tiene una afluencia de visitantes que diluye la preferencia por visitar la RBTC.

El análisis de datos identifica al Centro Ecoturístico Purrón como un destino potencial que no cuenta con infraestructura turística suficiente, pero tiene abundantes recursos biológicos, físicos

y culturales. La mayoría de los visitantes se concentra en Zapotitlán Salinas, localidad próxima a Tehuacán, con una conectividad adecuada y servicios. De los cuestionarios a los visitantes por medio de la App, se obtuvo que la RBTC recibe visitantes de 24 estados de la república: el 54.7 % provienen de Ciudad de México (9.9 %), Hidalgo (8.0 %), Morelos (6.6 %), Colima (5.1 %), Aguascalientes (4.4 %), Michoacán (4.4 %), Tlaxcala (4.4 %), estado de México (4.0 %), Guanajuato (4.0 %) y Puebla (4.0 %).

En orden de importancia, los visitantes concurren a la reserva por los motivos siguientes: diversidad de paisajes (43%), costos accesibles para ingresar a la mayoría de los sitios (20%), conocimiento de la cultura local (8%), práctica de actividades recreativas en sitios naturales (8%), acercamiento a la educación ambiental (7%), así como la proximidad geográfica del ANP con los sitios de origen (7%). La mayoría se alojan en hoteles, hostales, cabañas y con familiares o conocidos. Recientemente, el alquiler en Tehuacán por plataformas como Airbnb ha ganado terreno en el gusto de los visitantes.

Entre las preferencias gastronómicas está el consumo de frutos de garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*), utilizado para la elaboración del licor, flores de tetechas (*Noabuxbaumia tetetzo*), frutas de tiempo y otras especies de la región como la pitaya (*Stenocereus stellatus*), chende (*Polaskia chende*) y chichipe (*Polaskia chichipe*), utilizados para la elaboración de aguas frescas, mermeladas y conservas. Estos alimentos forman parte de la identidad comunitaria, el patrimonio biocultural y es una fuente de ingreso alternativo. Otras prácticas incluyen recorridos en bicicleta y a pie, mediante los cuales se aprecian paisajes vastos y contrastantes de la reserva.

Por otra parte, los datos extraídos de la App revelaron que los visitantes tienen dificultad de acceso a los atractivos turísticos y existe pocos servicios disponibles fuera de las localidades principales; o bien tienen mantenimiento deficiente, incluyendo los caminos de terracería. Estas consideraciones fueron compartidas con los líderes comunitarios para que las tomen en cuenta al momento de organizar nuevas rutas turísticas.

4.1. San Juan Raya y San José Tilapa: los espacios geográficos seleccionados

Localizado en el municipio de Zapotitlán Salinas, San Juan Raya tiene una población de 230 habitantes, de origen popoloca, la base económica principal incluye el turismo y el cultivo de maíz, frijol, cera de la candelilla (*Euphorbia rossiana*) casi en desuso, así como la fibra de izote (*Yucca periculosa*) para la elaboración de tapetes. En los años noventa del siglo XX surgió la idea entre los habitantes por impulsar el turismo mediante la creación de senderos y exhibición de fósiles que eran objeto de saqueo y venta clandestina; de este modo, en 2001 se gestionó el “Parque de las Turritelas”, un sitio paleontológico con abundantes conglomerados de rocas marinas que datan del Cretácico Inferior (150 millones de antigüedad), y albergan especies de gasterópodos y pelecípodos; por otro lado, en el sendero denominado como pedimento se conservan huellas de dinosaurios pterodáctilos (SEMARNAT, 2022; González, 1974).

Además de los atractivos turísticos, el sitio cuenta con un museo, un mercado de artesanías, servicios de hospedaje y alimentación y seis senderos en tres modalidades para recorrerlos (caminata, equinos, ciclismo); integran elementos de la cultura, flora y fauna propias del matorral xerófilo, guiados por alguno de los 25 comuneros capacitados por la CONANP. Los más solicitados incluyen la visita a la biznaga gigante, las huellas de dinosaurio carnívoro y el pedimento (Trabajo

de campo, 2021; SEMARNAT, 2022). Tiene señalización escasa y acceso difícil, especialmente en época de lluvias.

El proyecto es gestionado por un comité ejidal encabezado por tres puestos clave: los representantes de los bienes comunales y de los comuneros, así como el delegado de turismo, este último coordina la restauración de la infraestructura turística, es el enlace entre autoridades ejidales e instituciones de gobierno para crear proyectos de promoción turística y los cargos se relevan cada tres años.

Por su parte, la economía en San José Tilapa, municipio de Coxcatlán, se basa en el cultivo de caña de azúcar; aquí, el comité ejidal ha buscado el aprovechamiento de los recursos biológicos, físicos y culturales para complementar la oferta turística. Desde hace más de 20 años un grupo de ejidatarios comenzó a ofrecer recorridos a la Cueva del Maíz y la cortina de la presa Purrón a cambio de una cuota voluntaria.

Posteriormente se construyó el Centro Ecoturístico Purrón, que presta atención a los visitantes y de donde parten los recorridos por dos senderos interpretativos: la Cueva del Maíz, que destaca por ser el sitio en donde se ha encontrado la evidencia más antigua de la domesticación de este cereal a nivel mundial y es uno de los motivos principales por los que la UNESCO designó esta área como Patrimonio Mixto, en 2018; y la Presa Purrón que contiene los restos de los sistemas de irrigación que permitieron la evolución de comunidades cazadoras-recolectoras a las primeras sociedades agrícolas en el Valle de Tehuacán. Los recorridos se brindan por guías comunitarios capacitados por la CONANP para la conservación de la biodiversidad, mas no en turismo.

La cohesión social en estas comunidades es muy reveladora, los ejidatarios muestran un evidente interés por incentivar actividades que complementen su actividad económica principal, en tener oportunidades de mejorar su calidad de vida en la medida que, durante el trabajo efectuado en las comunidades, estuvieron dispuestos a capacitarse y cooperar, pese al desconocimiento de las plataformas digitales y la poca infraestructura de red disponible. Los contrastes se sintetizaron en una matriz FODA, donde se comparan las condiciones en que se desarrolla el turismo, al tiempo que se destacan los saberes y experiencias comunitarios compartidos en los talleres participativos (Tabla 1).

Con los datos aportados por la IG, el trabajo de campo en las comunidades y la experiencia de San Juan Raya, el sitio con mayor consolidación turística, se presentan tres senderos que podrían desarrollarse con éxito en el lugar, a partir de recorridos efectuados con los guías comunitarios y el presidente del comité ejidal, se articulan con atractivos representativos del Centro Ecoturístico Purrón; se empleó la App para medir distancias, tiempos y se acordaron nombres y costos, posteriormente se georreferenciaron los puntos y se cartografiaron (Figura 4).

Tabla 1. Análisis FODA de San Juan Raya y San José Tilapa, RBTC.

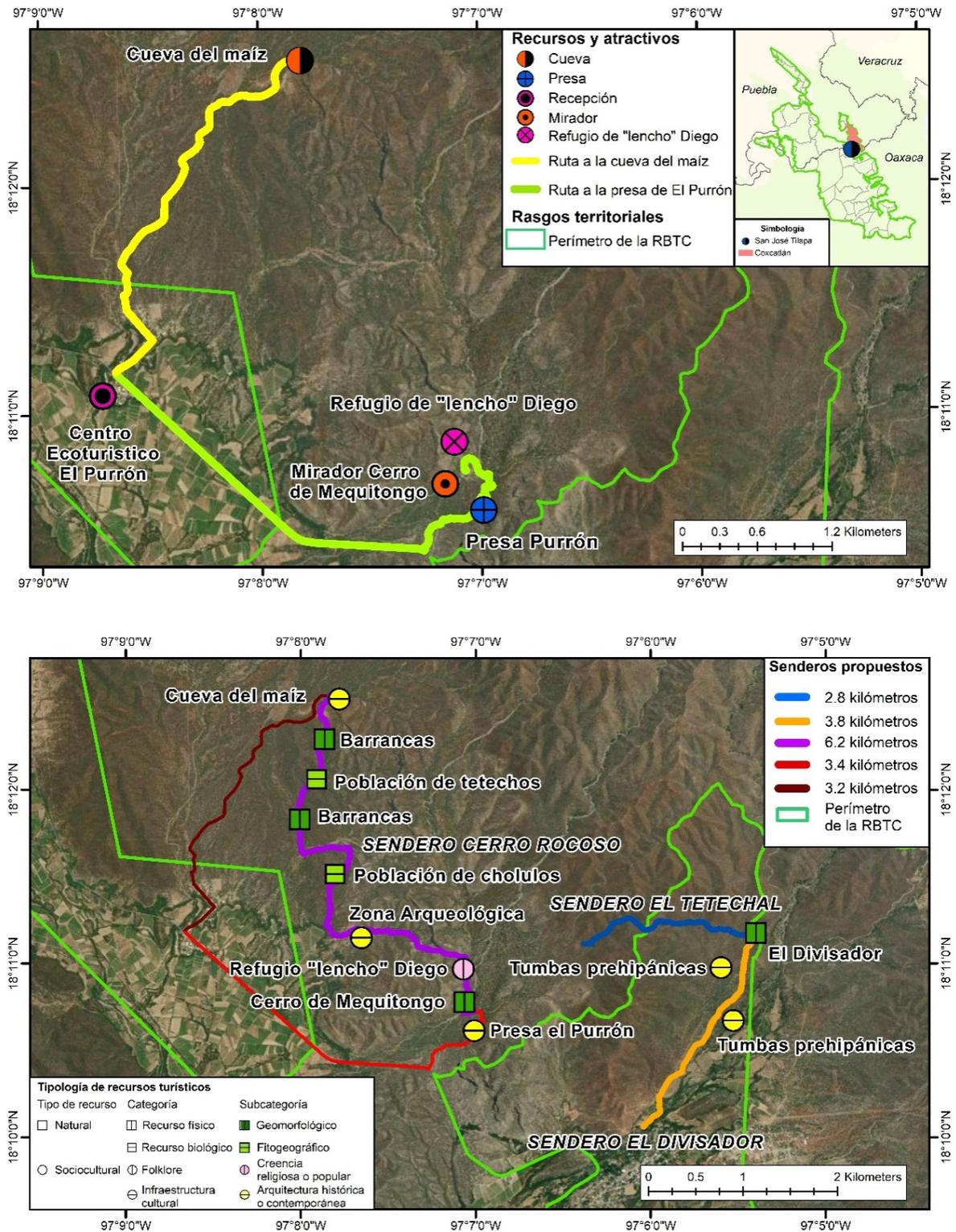
Fortalezas	San Juan Raya	San José Tilapa
Organización comunitaria eficiente y continuidad en el desarrollo de proyectos.	x	
Señalización y senderos delimitados.	x	x
Guías capacitados.	x	x
Experiencia comunitaria en materia de turismo.	x	x
Conocimiento histórico y arqueológico de los recursos turísticos.		
Vestigios arqueológicos singulares (Presa Purrón, Cueva del Maíz y tumbas prehispánicas).		
Debilidades		
Accesibilidad difícil a la comunidad por intersecciones con ríos intermitentes.	x	
Poca señalización para acceder al sitio.	x	x
No existe delimitación de senderos para la práctica turística.		x
No existen servicios para preparación de alimentos y bebidas.		x
Conflicto de intereses entre exintegrantes y dirigentes del comité ejidal.		
Oportunidades		
Convenios educativos de nivel medio superior para prestar servicio social.	x	
Interés por parte de académicos y estudiantes de la región centro del país.	x	x
Venta de alimentos elaborados con frutos típicos de la región del semidesierto.	x	x
Apertura de circuito que articule la presa Purrón, la Cueva del Maíz y las tumbas.		x
Convenio para servicio social de alumnos con instituciones educativas.		
Detonar actividades dirigidas a la observación de flora y fauna.		
Amenazas		
Escasez de agua potable.	x	
Existencia de una sola corrida directa de transporte público desde Zapotitlán.	x	x
Erosión de la Cueva del Maíz.		x
Deterioro de la presa Purrón y tumbas prehispánicas por precipitación y saqueos.		

Fuente: elaboración propia con base en datos de trabajo de campo, 2021 y 2022.

5. Discusión

Hasta aquí, se han examinado vertientes investigativas sobre la aplicación de la IG y la minería de datos en la identificación de patrones de movilidad de los visitantes a los destinos turísticos de una ANP. En el estado del arte se reveló que la literatura internacional, si bien tiene una amplia documentación sobre el uso y aplicación en distintas esferas de la acción humana, el turismo aún no ha incorporado estas posibilidades tecnológicas de forma extensiva, de acuerdo con Bregolin (2019), Parrilla et al. (2017) y la indagación bibliográfica realizada.

Figura 4. Recursos turísticos identificados y propuesta de senderos con base en inteligencia geoespacial en San José Tilapa, Puebla.



Fuente: elaboración propia con base en trabajo de campo, 2021 y 2022; INEGI, 2020.

La mayoría de los estudios identificados se interesan en el uso de aplicaciones para mejorar la experiencia de los visitantes, ya sea con la propuesta de recorridos guiados como el caso de "Travel Buenos Aires" (Guerrero et al., 2019), o la experiencia de Jaén, al sur de España (Canal Sinai

Ujaen, 2011). Por su parte, Perogil (2017), examina tres destinos turísticos en este país, promocionados como inteligentes: Badajoz, Palma de Mallorca y Benidorm, en el primero se reveló que los big data se emplean para mejorar la competitividad comercial, en tanto el último incorpora acciones sobre sostenibilidad, gobernanza y participación ciudadana, aunque no queda claro si hay seguimiento. Así, se destacan algunas diferencias notables con respecto al presente estudio:

- a. En las experiencias internacionales y en el caso documentado en Jalisco, México (Navarrete, 2021), se trata de sitios donde la infraestructura y la conectividad a internet facilitan el acopio de datos a diferencia de lo expuesto en este trabajo. El relieve montañoso que prevalece en la RBTC condiciona la accesibilidad a los servicios, con población dispersa y un limitado acceso a internet, incluso inexistente en algunos casos. Por ello, algunas comunidades que prestan servicios turísticos se han organizado para habilitar el servicio y mejorar la comunicación. Al momento, esta circunstancia representa una dificultad técnica para obtener mayor densidad informativa.
- b. En contraparte, en la opinión de los visitantes, la inaccesibilidad geográfica dota de un atractivo especial al lugar, pues brinda una noción de tranquilidad, aislamiento y un contacto verdadero con la naturaleza, así como con la otredad social que caracteriza a las comunidades que habitan en el lugar. Otra diferencia significativa del estudio reside en el reto que plantea realizar trabajo colaborativo en comunidades rurales con presencia de población indígena. En las experiencias internacionales revisadas no se encontraron casos similares al que se examina en este trabajo.
- c. En correspondencia con el punto anterior, un reto de la investigación consiste en la recopilación de datos en sitios que no disponen de cobertura de red, por lo que los itinerarios efectuados y la detección de la huella digital se actualizan cuando hay acceso a Internet. Por ello, el volumen de datos aun depende de la voluntad de los visitantes para descargar la aplicación en sus dispositivos móviles. Al respecto, la participación de los habitantes en la capacitación para el uso de la herramienta y las facilidades que brindan las autoridades de la RBTC, son una condición fundamental para lograrlo; en una etapa posterior, la producción de datos permitirá identificar aquellos sitios que manifiestan mayor impacto ambiental por presencia de turismo.
- d. Con excepción del estudio comparativo en destinos turísticos de Sudamérica realizado por Glimmeo (2012) y en cierto modo en la experiencia del municipio de Tequila, no se logra detectar que la información derivada de la inteligencia geoespacial se emplee en apoyar la formulación de políticas y acciones centrado en las poblaciones receptoras de visitantes, más bien se dirigen a mejorar la experiencia de los turistas mediante el uso de las aplicaciones.

De la experiencia obtenida en este estudio, una condición a tener en cuenta para implementar el uso de tecnologías en sitios similares a la RBTC es el fomento de un acercamiento sistemático y constante con las comunidades gestoras de proyectos turísticos, pues mientras un sector de la población muestra una posición favorable para utilizarlas, otros son renuentes. Por ello, ha sido necesario distinguir a las personas más proclives a participar, entre los que destacan prestadores de servicios, técnicos de la CONANP e integrantes de los comités ejidales.

6. Conclusiones

El uso de datos geoespaciales para mejorar la gestión del turismo en la RBTC, un espacio complejo por la heterogeneidad geográfica que lo caracteriza, propone una gestión eficiente que descansa en la participación de las comunidades. La experiencia internacional demuestra que los proyectos organizados de forma endógena logran un mayor consenso entre los potenciales beneficiarios

y la posibilidad de una apropiación local a largo plazo. En este contexto, la metodología de IG involucra el trabajo colaborativo con las comunidades, cuyos habitantes conocen las bondades y limitantes de su entorno para impulsar actividades turísticas.

Para lograrlo se propuso una aproximación disruptiva desde la ciencia de frontera para el desarrollo de investigaciones sobre la triada IG, gestión turística y la dinámica inherente a las ANP. Se ofrece una perspectiva multidisciplinaria proveniente de especialistas del área de la geografía que examinan la distribución e interacciones territoriales asociadas con las formas en que la población utiliza los recursos turísticos; la ecología y antropología permitieron ahondar en los procesos históricos que inciden en la organización social de los grupos humanos que ocupan la RBTC, así como las condiciones bióticas que imperan en el sitio; asimismo, las ciencias de la computación se orientaron al desarrollo de la App y la recolección de datos con los que se identificó el origen, prácticas, perfil y preferencias de los visitantes que concurren al lugar.

A la gama de marcos epistemológicos y metodológicos se adosa la inclusión del diálogo de saberes comunitarios, así como la experiencia de las autoridades ambientales en el manejo del sitio que, en conjunto, proveen conocimiento de valor sobre apropiación de los recursos y el manejo del turismo.

En América Latina y México, la IG abre nuevas oportunidades de apoyo para la gestión de los espacios turísticos, aun en zonas de difícil acceso o en donde se practican actividades en espacios abiertos propias del turismo de naturaleza. En la experiencia nacional, no se han observado antecedentes investigativos que involucren la propuesta de formas alternativas de aprovechamiento con el uso de datos digitales espacialmente reconocidos. El reto a futuro consiste en potenciar el uso de las nuevas tecnologías a través de los dispositivos móviles, que han demostrado una gran capacidad para suministrar datos sobre la huella digital, de interés para los tomadores de decisiones.

En abono a lo anterior, es de considerar que la incorporación de las tecnologías de información y comunicación debe hacerse sin menoscabo de los usos y costumbres de las poblaciones locales para quienes el registro de información, a menudo, se realiza por medios tradicionales como libretas o en la memoria, hecho que concita un sentido de poder e identidad que se pierde con los medios digitales, lo que puede generar resistencia para emplearlos.

En sí, la capacitación de los habitantes interesados en el uso de aplicaciones y otras herramientas tecnológicas constituye solo uno de los aspectos para incentivar una gestión territorial eficiente. Entre tales estrategias se observa que los proyectos exitosos incluyen la capacitación continua en la formulación, administración y seguimiento de emprendimientos productivos, así como cursos especiales para guías senderistas y manejo de recursos, entre otros. Por último, estas propuestas deben considerar dificultades como la disposición para brindar continuidad de los proyectos, toda vez que la rotación de cargos exige una formación de cuadros de dirigentes capaces de permitir la operación de estos espacios en el corto, mediano y largo plazo, con independencia de quien los ocupe.

Bibliografía

- Bacastow, T. (2014). The Learner's Guide to Geospatial Analysis. Recuperado de <https://www.e-education.psu.edu/sgam/node/91>

- Beléndez, H. Z. (2021). Registro de visitantes Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. (M. Hernández, Entrevistador).
- Blanco, L. P., Vázquez, S. V., Reyes, A. J., & Genet, G. C. (2015). Inventario de recursos turísticos como base para la planeación territorial en la zona altiplano de San Luis Potosí, México. *Cuadernos de Turismo*, 17-42. Recuperado de <https://doi.org/10.6018/turismo.35.221491>
- Bozzano, H. (2009). Territorios: El Método Territorii. Una mirada territorial a proyectos e investigaciones no siempre territoriales. 8th International Conference of Territorial Intelligence, 4-5. Obtenido de <https://shs.hal.science/halshs-00533337/document>
- Bregolin, M. (2019). Inteligencia territorial y turismo. Puerto Varas: Núcleo de Observación, Desarrollo y Inteligencia Turística y Territorial. Obtenido de <https://scientific-tourism.org/wp-content/uploads/2021/04/INTELIGENCIA-TERRITORIAL-Y-TURISMO-CIENTIFICO-39.pdf>
- Canal Sinai Ujaen. (2011, 7 noviembre). GeOasis. [Archivo de vídeo]. Grupo de investigación SINAI de la Universidad de Jaén. Recuperado 15 de febrero de 2024, de <https://www.youtube.com/watch?v=VSaaZ35mejM>
- Márquez, C., Mayen, G., & Guadalupe, M. (2010). Anfibios y reptiles del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Recuperado de <https://www.biodiversidad.gob.mx/pdf/libros/AvtparteA.pdf>
- Castellón, H. B. (2019). Arqueología mexicana. Obtenido de Los sistemas de irrigación en Tehuacán: <https://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/los-sistemas-de-irrigacion-en-tehuacan>
- CEPAL; Digital Policy and Law y TELECOM Advisory Services LLC. (2020). Las oportunidades de la digitalización en América Latina frente al Covid-19. Corporación Andina de Fomento; Naciones Unidas. Recuperado de <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/657e3543-74b1-4163-89e5-8e422d23edd8/content>
- Clark, R. (2020). Geospatial intelligence: Origins and Evolution. Washington, D.C.: Georgetown University Press. Obtenido de [https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=8XjtDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Clark,+R.+M.+\(2020\).+Geospatial+intelligence:+Origins+and+Evolution.+Georgetown+University+Press.&ots=5LLxvVp0L9&sig=IK-7V8csK2IjmYSZqc8pvoZiFX0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=8XjtDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Clark,+R.+M.+(2020).+Geospatial+intelligence:+Origins+and+Evolution.+Georgetown+University+Press.&ots=5LLxvVp0L9&sig=IK-7V8csK2IjmYSZqc8pvoZiFX0#v=onepage&q&f=false)
- CONABIO. (2021). Biodiversidad mexicana. Obtenido de Patrimonio biocultural: <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/patrimonio-biocultural>
- CONANP. (2018). Marco estratégico de turismo sustentable en Áreas Naturales Protegidas de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 4-80. Obtenido de <https://www.conanp.gob.mx/acciones/advc/Marco-Estrategico.pdf>
- CONANP. (2021). Tehuacán-Cuicatlán. Ciudad de México: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Obtenido de Sistema de Información, Monitoreo y Evaluación para la Conservación: <https://simec.conanp.gob.mx/ficha.php?anp=123®=11>
- CONANP. (2024). Áreas Naturales Protegidas decretadas. Ciudad de México: Comisión Natural de Áreas Naturales Protegidas. Obtenido de http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/datos_anp.htm
- CONEVAL. (2020). Medición de la pobreza. Obtenido de Pobreza por grupos de la poblacionales a escala municipal: https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Pobreza_grupos_poblacionales_municipal_2010_2020.aspx
- Cong, H. M., Félix, H. J., Martínez Salomón, E., Pérez, D. A., & Cascante Manzano, R. A. (2010). Identificación de los atractivos turísticos de la comunidad La Petaca, Concordia. En R. R. Martínez, M. G. Roko, S. J. Juárez, & V. B. Ramírez, Estudios y propuestas para el medio rural (págs. 77-82). Ciudad de México: Universidad Autónoma Indígena de México. Obtenido de <https://redes.us.files.wordpress.com/2008/12/tomo1.pdf>
- Cortizo, D., Rodríguez T., R., Frediani, J., & Bozzano, H. (2016). The application of Stlocus method for addressing vulnerable places. *Proyección*, 113-120. Obtenido de https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/9149/2016-20-6.pdf
- Ferrari, M. P., & Bozzano, H. (2016). Aplicación del método territorii en dos asentamientos espontáneos del puerto de Madryn Argentina. *Papales de Geografía*, 137-143. <https://doi.org/10.6018/geografia/2016/260061>
- GeoCitizen. (2019). Acerca de GeoCitizen. Recuperado el 12 de febrero del 2024 de <https://geocitizen.org/>
- Garzón, R. y Trujillo, G. (2021). Nuevos Planteamientos En La Docencia Universitaria En Turismo: Propuesta Didáctica Para El Estudio De Los Recursos Territoriales Turísticos. *Cuadernos de Turismo*, (47), 329-363. Obtenido de <https://doi.org/10.6018/turismo.474141>
- Girardot, Jean-Jacques; Brunau, Evelyne. (2010). Inteligencia territorial e innovación para el desarrollo socioecológica transición. 9th International conference of territorial intelligence, Strasbourg. Obtenido de <https://shs.hal.science/halshs-00773169>

- Girardot, J.-J. (2014). ¿Qué es la inteligencia territorial? The Monday Letter To Better Address The Future, 2-6. Obtenido de <https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/libros/pm.5237/pm.5237.pdf>
- Glimmeo, F. (2012). Inteligencia territorial y turismo: un diálogo hacia la definición de lugares, necesidades y expectativas. Estudios de casos en Argentina y Uruguay. XI INTI International Conference La Plata, 2-10. Obtenido de https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.2655/ev.2655.pdf
- González, A. C. (1974). Phylloceras del Cretácico inferior de San Juan Raya-Zapotitlán, Estado de Puebla. Méx. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 29-37. Obtenido de [http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/vols/epoca03/3501/3501-\(3\)Gonzalez.pdf](http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/vols/epoca03/3501/3501-(3)Gonzalez.pdf)
- Guerrero, G., & Danna, A. (2019). Esmartcity.es. Todo sobre ciudades inteligentes. Obtenido de Destinos turísticos inteligentes en Latinoamérica: tendencias y retos para el desarrollo inteligente de destinos: <https://www.esmartcity.es/comunicaciones/comunicacion-destinos-turisticos-inteligentes-latinoamerica-tendencias-retos-desarrollo-inteligente-destinos>
- Hernández, G. R. (2005). El secreto tecnológico del sistema hidroagroecológico más antigua de Mesoamérica. El complejo Purrón. Alternativas y procesos de participación social a.c., 1-4. Obtenido de <http://www.alternativas.org.mx/El%20Complejo%20de%20Purron.pdf>
- IMT. (2021). Inventario Nacional de Infraestructura para el Transporte INIT. Obtenido de Instituto Mexicano del Transporte: <https://www.gob.mx/imt/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-infraestructura-para-el-transporte-init>
- INAFED. (2024). Biblioteca Dr. Raúl Olmedo Carraza. Obtenido de Consulta de material bibliográfico: <http://siglo.inafed.gob.mx/biblioteca/index.php>
- INEGI. (2004). Síntesis de Información geográfica del estado de Oaxaca. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825224394/702825224394_20.pdf
- Kaspersky Lab. (2023). ¿Qué es una huella digital? ¿Cómo podemos protegerla de los hackers? Obtenido de Huella digital: significado y definición: <https://latam.kaspersky.com/resource-center/definitions/what-is-a-digital-footprint>
- Kovarik, V. (2011). Imagery Intelligence (IMINT). Universidad de Defensa de BRNO. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/270686775_Imagery_intelligence_IMINT
- López, J. C. (2009). Caracterización de la vegetación de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Texcoco: Universidad Autónoma de Chapingo. Obtenido de <https://docplayer.es/36917816-Departamento-de-suelos-caracterizacion-de-la-vegetacion-de-la-reserva-de-la-biosfera-tehuacan-cuicatlan.html>
- López Maciel, G. T., Pertusa Palacios, A. y González Rosas, E.L. (2017): Una revisión de la literatura sobre crowdsourcing, *Journal of Innovation & Knowledge (JIK)*, ISSN 2444-569X, Elsevier, Amsterdam, Vol. 2, Iss. 1, pp. 24-30, <https://doi.org/10.1016/j.jik.2016.09.001>
- Luque, G. A., Zayas, F. B., & Caro, H. J. (2015). Los destinos turísticos inteligentes en el marco de la inteligencia territorial: conflictos y oportunidades. *Investigaciones turísticas*, 3-9. doi:<https://doi.org/10.14198/INTU-RI2015.10.01>
- Martínez, E., Tapia-McClung, R., Calvillo, Y. & Gonzaga, J.L. (2017). Volunteered Geographic Information for Building Territorial Governance in Mexico City: The Case of The Roma Neighborhood en Citizen Empowered Mapping (pp.237-260). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/318137265_Volunteered_Geographic_Information_for_Building_Territorial_Governance_in_Mexico_City_The_Case_of_The_Roma_Neighborhood
- Martínez, V. E. (2018). Inteligencia geoespacial para desastres sísmicos: investigaciones en CentroGeo. *Revista Mexicana de Sociología*, 80, 72. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/rms/v80nspe/0188-2503-rms-80-spe-71.pdf>
- México Desconocido. (2024). Escapadas por México Desconocido. Obtenido de <https://escapadas.mexicodesconocido.com.mx/>
- Mondragón, H. (2020). Geospatial Intelligence: where, what, how and why? *Pronetwork*. Obtenido de <https://www.pronetwork.mx/revista-digital/>
- Navarrete, T. M., & Garcia, M. C. (2021). Intelligent tourism. Post covid trend in Mexico. *Journal of Tourism and Heritage Research*, 18. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8186006.pdf>
- NGA. (2006). Geospatial Intelligence (GEOINT) Basic Doctrine. Recuperado de <https://irp.fas.org/agency/nga/doctrine.pdf>

- Ortíz Liñán, M. E., & Suárez Paniagua, S. (2023). Estrategias de innovación turística mediante clústeres para impulsar el desarrollo local en Guanajuato, México. *Estudios Socioterritoriales. Revista De Geografía*, (34), 161–184. <https://doi.org/10.37838/unicen/est.34-163>
- Ortiz, L. M., & Vázquez, S. V. (2021). El inventario turístico: un instrumento de gestión territorial sustentable del turismo en atractivos naturales del estado de San Luis Potosí, México. *Investigaciones Turísticas*, 305-327. Obtenido de <https://doi.org/10.14198/INTURI2021.21.14>
- Palacio, P. J., Sánchez, S. M., Casado, I. J., Propin, F. E., Delgado, C. J., Velázquez, M. A., Gabriel, M. J. (2004). Indicadores para la caracterización y ordenamiento del Territorio (Primera ed.). Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/book/161>
- Paolo, F.S., Kroodsmá, D., Raynor, J., Hochberg, T., Davis, P., Cleary, J. [...] & Halpin, P. (2024). Satellite mapping reveals extensive industrial activity at sea. *Nature* 625, 85–91. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06825-8>
- Parrilla, G. J., & Pulido, F. J. (2017). Inteligencia territorial y turismo. Hacia la integración de un modelo de transformación económica. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 1-21. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180749182001>
- Perea, M. M., Navarro, J. E., & Luque, G. A. (2018). Territorial intelligence: conceptualization and progress in the status of the issue. Possible links to tourist destinations. *Cuadernos de Turismo*, 535-554. Obtenido de <https://revistas.um.es/turismo/article/download/327141/229081/>
- Petisco, J. M. (2016). La inteligencia obtenida a través del comportamiento no verbal en fuentes humanas. *Bie3: Boletín IEEE*, (3), 365-387. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6019480.pdf>
- Perogil Burgos, J. (2017). Inteligencia territorial y turismo: la gestión pública de los Destinos Turísticos Inteligentes. (Tesis de doctorado). Universidad de Huelva. Recuperado de https://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/15503/Inteligencia_territorial_y_turismo.pdf?sequence=2
- Renard, H. M., & Thomé, O. H. (2010). La ruta de la sal prehispánica. Patrimonio alimentario, cultural y turismo rural en Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. *Universidad Autónoma Chapingo/ Departamento de Sociología Rural*, 3-7. doi:10.22004/ag.econ.95221
- Robles, G. N. (2019). Valle de Tehuacán-Cuicatlán. En *Tehuacán-Cuicatlán. Patrimonio de la humanidad cultural y natural* (págs. 23-30). México: INAH. Obtenido de <https://mediateca.inah.gob.mx/repositorio/islandora/object/informe%3A1164>
- Sánchez, N. P. (2019). El surgimiento de la agricultura en el valle de Tehuacán, Puebla. Las investigaciones de MacNeish y García Cook. En *INAH, Tehuacán-Cuicatlán. Patrimonio de la Humanidad Cultural y Natural* (págs. 20-21). Ciudad de México: Instituto Nacional de Antropología e Historia. Obtenido de <https://tienda.raices.com.mx/products/tehuacan-cuicatlan>
- Santana, M. C. (2019). Breves aportaciones conceptuales sobre inventarios turísticos en América Latina y Ecuador. *Revista TURyDES: Turismo y Desarrollo*, 6. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7761363>
- SECTUR (2016). Estrategia de integración para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad. Recuperado de https://www.sectur.gob.mx/gobmx/wp-content/uploads/2018/03/ESTRATEGIA-BIODIVERSIDAD-DE-SECTOR-TURISMO_PUBLICAR_06_03_18.pdf
- SECTUR (2023). Ángeles Verdes, programa de vanguardia reconocido a nivel internacional. [Comunicado de prensa]. Recuperado de <https://www.gob.mx/sectur/prensa/angeles-verdes-programa-de-vanguardia-reconocido-a-nivel-internacional?idiom=es-MX>
- SECTUR. (2024). Glosario. Inventario o catastro de atractivos turísticos. Recuperado de <https://www.datatur.sectur.gob.mx/SitePages/Glosario.aspx#:~:text=%E2%80%8BEs%20el%20cat%C3%A1logo%20ordenado,tur%C3%ADstico%20de%20un%20C3%A1rea%20determinada>
- SEMARNAT. (2013). Compendio de estadísticas ambientales. Ciudad de México: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Obtenido de https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/pdf/Informe15_completo.pdf
- SEMARNAT. (2022). Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Santa María Tecomavaca. Guía de turismo de naturaleza. Ciudad de México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México. Obtenido de https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/123_libro_pm.pdf

- Šliužas, R. V. (2004). Managing Informal Settlements A Study using Geo-Information in Dar es Salaam, Tanzania (Tesis de doctorado). Universidad de Utrecht. Recuperado de <https://ris.utwente.nl/ws/portalfiles/portal/313522016/sliuzas.pdf>
- Spenceley, A., Baez, A., Barborak, J., Blye, C., & Bricker, K. (2020). La recuperación sostenible del turismo en áreas protegidas tras la pandemia de la COVID-19. Obtenido de Organización Mundial del Turismo: <https://www.unwto.org/es/covid-19-oneplanet-iniciativas-recuperacion-responsable/la-recuperacion-sostenible-del-turismo-en-areas-protegidas-tras-la-pandemia-de-la-covid-19>
- Torres Castro, N., Reyes Agüero, J. A., Vázquez Solís, V., & van 't Hooft, A. (2024). El turismo en áreas naturales protegidas. Elementos para el desarrollo etnoturístico en las Reservas de la Biosfera de México: una revisión bibliográfica. *Cuadernos de Turismo*, (53), 215–241. Obtenido de <https://doi.org/10.6018/turismo.616461>
- Veeraswamy, A., Galea, E., Lawrence, P., Gallego, D. M. & Blackshields, D. (2020). Geospatial based Environment for Optimisation Systems Addressing Fire Emergencies. D2.6 Global Wildfire large-scale evacuation model. Recuperado de https://fseg.gre.ac.uk/fire/geo-safe_files/D2.6_final.pdf
- Zamorano, C. F. (2007). Turismo alternativo. Servicios Turísticos diferenciados. Mexico, D.F.: Trillas. Obtenido de <https://www.entornoturistico.com/wp-content/uploads/2017/03/Turismo-Alternativo-Servicios-Tur%C3%ADsticos-Diferenciados-de-Francisco-M.-Zamorano.pdf>

Agradecimientos

Se agradece a los ejidatarios de las comunidades San Juan Raya y San José Tilapa, del estado de Puebla, así como a las autoridades de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas de la Reserva de la Biosfera Tehuacán Cuicatlán, las facilidades brindadas para realizar esta investigación.

Contribución de autorías

Mario Alberto Hernández Infante: El coautor colaboró en la identificación de los atributos territoriales de la zona de estudio, en específico de las condiciones físico geográficas y sociales, así como de los recursos y atractivos turísticos de la reserva, dando como resultado el inventario de recursos turísticos. Realizó el cálculo de la huella digital para identificar los sitios más visitados por los turistas en la zona de estudio con el objetivo de identificar el perfil del turista que acude a la reserva. Realizó trabajo de campo en la zona de estudio para generar la propuesta de tres senderos en la comunidad de San José Tilapa, con base en el modelo de inteligencia geoespacial. Elaboró la tesis de posgrado relativa con el tema del artículo que se presenta.

Valente Vázquez Solís: El coautor dirigió las actividades en el trabajo de campo y la propuesta de los reactivos contenidos en la App, generó los contactos con los directivos y personal de la Área Natural Protegida, redactó la sección del marco teórico, estado del arte del trabajo, resultados y conclusiones, y coordinó las actividades como responsable del proyecto del cual desprende la presente investigación.

Mónica Elena Ortíz Liñán: La coautora generó la propuesta del proyecto que fue sometido a dictamen para obtener el financiamiento del cual desprende el presente trabajo. Codirigió los trabajos técnicos de la App que constituye parte de los resultados de la investigación y generó, a través de la minería de datos, los insumos que coadyuvaron en la formulación del diagnóstico y los resultados de la huella digital presentados en el artículo. Participó en la formulación del inventario turístico, los resultados, discusión y asesoró el apartado técnico de la tesis de la que desprende este trabajo.

Juan Antonio Reyes Agüero: El coautor apoyó en la conformación del inventario turístico, la caracterización biótica y abiótica de la zona examinada y evaluó el potencial de los recursos turísticos sobre los que se realizó el trazado de la ruta turística. Participó en la redacción de la caracterización y los resultados de la investigación presentada.

Financiación

Este trabajo se realizó con el financiamiento del proyecto Ciencia de Frontera, convocatoria 2019, clave 1312446 “Modelo de geointeligencia territorial como instrumento de gestión turística en Áreas Naturales Protegidas de México”. Financiado por el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías.

Conflicto de intereses

Los/as autores/as de este trabajo declaran que no existe ningún tipo de conflicto de intereses.